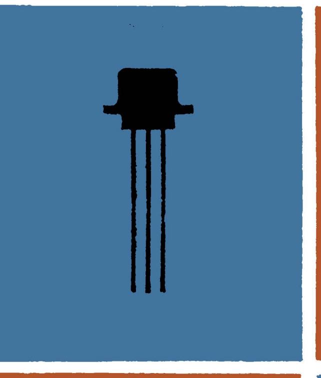
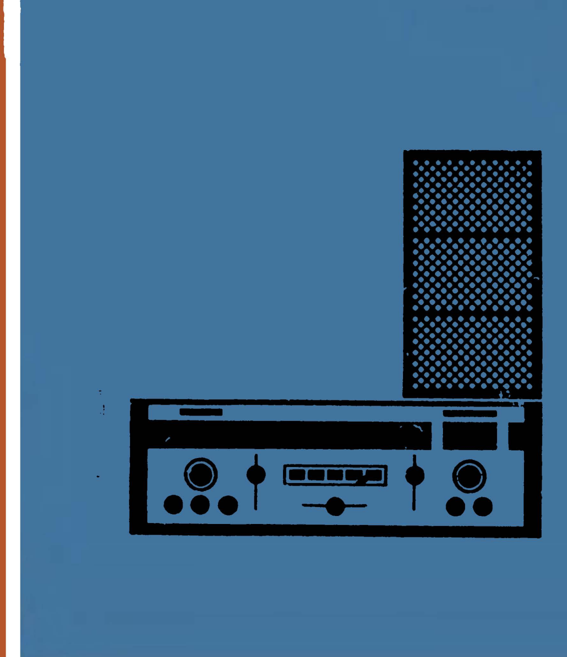
В. А. ВАСИЛЬЕВ, М. К. ВЕНЕВЦЕВ



ТРАНЗИСТОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ





МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

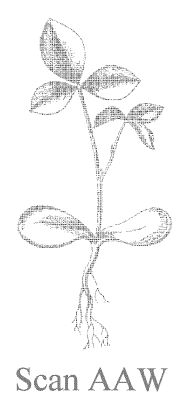
Основана в 1947 году

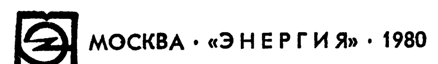
Выпуск 1018

В. А. ВАСИЛЬЕВ, М. К. ВЕНЕВЦЕВ

ТРАНЗИСТОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Второе издание, переработанное и дополненное





ББК 32.849.2
В 19
УДК 621.396.62 : 621.382.3

Васильев В. А., Веневцев М. К.

В 19 Транзисторные конструкции сельского радиолюбителя. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 120 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1018).

60 к.

В брошюре описываются устройство, изготовление и налаживание нескольких десятков конструкций, для повторения которых могут быть использованы доступные детали. Даются рекомендации по замене одних деталей другими.

Первое издание вышло в 1974 г.

Брошюра предназначена для широкого круга сельских радиолюбителей.

В $\frac{30404-289}{051(01)-80}$ 238-80. 2402020000

ББК 32.849.2
6Ф2.1

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Бурное развитие радиовещания и телевидения в нашей стране привело к тому, что в настоящее время радиоприемники и телевизоры становятся неотъемлемой частью быта сельских тружеников. Общее число радиоприемников и телевизоров, установленных в сельской местности, исчисляется десятками миллионов и продолжает быстро расти. Правильная установка, эксплуатация и ремонт такого большого числа радиоаппаратуры в условиях села являются сложным делом, большую помощь в котором могут оказать сельские радиолюбители.

Наряду с увеличением количества бытовой аппаратуры на селе наблюдается все возрастающее проникновение автоматики и радиоэлектроники в различные области сельскохозяйственного производства. Здесь перед сельскими радиолюбителями открываются поистине неограниченные возможности, огромное поле деятельности по внедрению радиоэлектронных методов в сельскохозяйственное производство, разработке новой и совершенствованию имеющейся радиоэлектронной аппаратуры. Работая в этих направлениях, сельские радиолюбители могут внести значительный вклад в дело развития сельского хозяйства.

В настоящее время в электронике и радиотехнике применяются главным образом полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды, тиристоры, интегральные схемы и т. п.), использование которых имеет ряд характерных особенностей. Глубоко освоить премудрости транзисторной и полупроводниковой техники можно только в процессе многочисленных и разнообразных экспериментов с различными транзисторными конструкциями. Начинать нужно, конечно, с наиболее простых из них.

Авторы данной книги, первое издание которой вышло в свет в 1974 г., ставили своей целью ознакомить сельских радиолюбителей с основами транзисторной техники, особенностями изготовления и налаживания несложных транзисторных конструкций. В основном это были простейшие детекторные приемники, приемники прямого усиления, несколько несложных усилителей низкой частоты и ряд простейших измерительных приборов.

В этом, втором издании тематика и разнообразие конструкций значительно расширены. Описания конструкций размещены по наиболее важным и интересным для сельского радиолюбителя темам: радиоэлектронные устройства для сельского клуба, электронные приборы для механизатора и других работников сельскохозяйственного производства, простые измерительные приборы. Кроме того, описанию транзисторных конструкций предшествует специальная глава, посвященная источникам питания транзисторных конструкций. Вопросы общей теории применения транзисторов изложены в первой главе, где учтены расширение номенклатуры выпускаемых транзисторов и широкое распространение полевых транзисторов.

В брошюре описаны наиболее простые и интересные конструкции, которые могут найти свое применение как в сельскохозяйственном производстве, так и в быту. Повторение этих конструкций, по мнению авторов, должно дать начинающим сельским радиолюбителям необходимый практический опыт работы с транзисторами и другими полупроводниковыми приборами, пробудить в них интерес к творчеству и указать, как перейти к постройке более сложных конструкций, освоению практических устройств автоматики и электроники для сельскохозяйственного производства.

Все конструкции, описываемые в книге, могут быть собраны из деталей, высылаемых по почте Центральной торговой базой Посылторга (111126, Москва, Е-126, Авиамоторная ул., 50) и Московской межреспубликанской торговой базой Центросоюза (121471, г. Москва, Г-471, Рябиновая ул., 45). Перечень имеющихся на складах деталей и узлов указывается в проспектах, высылаемых этими базами по требованию покупателей. Исключение составляют терморезисторы и фоторезисторы, распределяемые через базы и магазины мелкооптовой торговли. Ряд деталей может быть сделан самостоятельно. В некоторых случаях возможно применение деталей и узлов от старых приемников и телевизоров, выбывших из употребления.

Главы с первой по четвертую включительно написал В. А. Васильев, пятая глава написана М. К. Веневцевым.

Отзывы о прочитанной книге и замечания по конструкциям просьба направлять по адресу: 113114, г. Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

КОРОТКО О ТРАНЗИСТОРАХ

До середины пятидесятых годов основными усилительными приборами, применявшимися в радиотехнике и электронике, были радиолампы, требовавшие для своей работы больших токов и напряжений от источника питания. С появлением полупроводниковых усилительных приборов — транзисторов, которые можно питать от маломощных гальванических батарей низкого напряжения, возможности для создания простых и малогабаритных конструкций значительно расширились. Теперь даже начинающие радиолюбители могут собрать и наладить не только простейшие приемники прямого усиления, но и более сложные разнообразные конструкции на транзисторах. Но для этого кроме принципиальной схемы, набора деталей и умения паять электронные схемы нужно иметь определенный запас знаний о транзисторах и особенностях их применения. Об этом и пойдет речь в этой главе.

Принцип действия и устройство транзисторов

Транзисторами называются полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления и генерирования электрических колебаний. Эти приборы почти целиком состоят из полупроводниковых веществ (полупроводников). Такие вещества по своим электрическим свойствам занимают некоторое промежуточное положение между проводниками и диэлектриками (изоляторами). Принцип действия транзисторов основан на том, что небольшой кристалл полупроводникового вещества после соответствующей технологической обработки при подведении к нему слабых электрических колебаний становится способным менять свою электропроводность в очень широких пределах. Такой кристалл помещают в металлический или пластмассовый корпус и снабжают тремя гибкими или жесткими выводами, присоединенными к электродам транзистора. Металлический корпус транзистора обычно соединяется с одним из электродов, но иногда имеет собственный — четвертый вывод.

В настоящее время находят широкое применение транзисторы двух основных видов — биполярные и полевые. Биполярные транзисторы появились первыми и получили наибольшее распространение. Поэтому их часто называют просто транзисторами. Полевые транзисторы были сконструированы позже и пока применяются сравнительно редко. Рассмотрим кратко возможности транзисторов обоих видов.

Биполярные транзисторы. Биполярными транзисторы называются потому, что ток через них переносится электрическими зарядами положительной *p* и отрицательной *n* полярности. Носители первых зарядов называются дырками, а вторых — электронами. Основой биполярного транзистора служит небольшой кристалл германия или

кремния — полупроводниковых материалов, используемых для изготовления транзисторов. Для изготовления кристалла используется сверхчистый материал, в который добавляют специальные примеси. Под их действием кристаллическая основа транзистора приобретает структуру, обусловленную дырками (структура типа *p*) или электронами (структура типа *n*). Такой специально обработанный кристалл становится одним из электродов транзистора, называемых базой. Теперь, если в поверхность кристалла — базу — определенным образом вплавить или ввести дополнительные капли специальных примесей (для базы типа *p* — структуры *n*, для базы типа *n*—структуры *p*), так чтобы эти капли были достаточно близки друг к другу, то получится транзистор типа *n-p-n* или *p-n-p*. Одна капля называется эмиттером, т. е. источником носителей заряда типа *n* или *p*, а вторая капля — коллектором, т. е. собирателем этих носителей. К базе, эмиттеру и коллектору подключаются выводы, которые носят названия, аналогичные электродам транзистора. Усилительные свойства транзисторов проявляются в том, что при прохождении между базой и эмиттером тока слабых электрических колебаний в цепи между коллектором и эмиттером появляется ток, по форме повторяющий ток цепи база — эмиттер, но во много раз больший по величине.

Для нормальной работы любого транзистора необходимо подать на его электроды начальное напряжение смещения. При этом падение напряжения на базе относительно эмиттера должно составлять несколько десятых долей вольта, а на коллекторе относительно эмиттера — не менее нескольких вольт. Включение транзисторов *n-p-n* и *p-n-p* отличается полярностью напряжения смещения. Кремниевые и германиевые транзисторы различаются между собой необходимым напряжением смещения на базе относительно эмиттера. У кремниевых транзисторов оно в 3—4 раза больше, чем у германиевых. На рис. 1 приведены принятые графические условные обозначения транзисторов обоих структур, выполненных на основе германия (рис. 1, *а*) и кремния (рис. 1, *б*). Электроды транзисторов

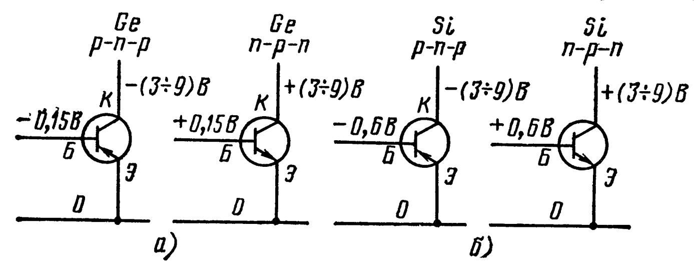


Рис. 1.

обозначены первыми буквами слов «эмиттер», «коллектор» и «база». Напряжения смещения измерены относительно эмиттера. Подобное измерение наиболее употребляется при широком применении транзисторов в усилителях напряжения слабых сигналов.

Свойства и возможности биполярных транзисторов характеризуются рядом параметров, наиболее важные из которых рассматриваются ниже.

Статический коэффициент передачи тока базы $h_{21Э}$. Этот коэффициент показывает, во сколько раз ток коллектора больше вызвавшего его тока базы. У большинства транзисторов $h_{21Э}$ составляет от 20 до 200. Есть транзисторы с $h_{21Э}=10\div15$ и $h_{21Э}=500\div800$. Обычно считают, что чем больше коэффициент передачи тока, тем лучше транзистор. Но, как показывают теория и практика, хорошие результаты можно получить не только с транзисторами, у которых $h_{21Э}=100\div200$, но и при $h_{21Э}=10\div20$. Примером этого может служить подавляющее большинство конструкций, описанных в этой книге.

Частотные свойства транзисторов характеризуются тем, что транзистор обладает способностью усиливать электрические сигналы с частотой не выше определенного предела, присущего каждому транзистору в отдельности. Частота, на которой транзистор теряет свои усилительные свойства, называется предельной частотой транзистора. Для того чтобы транзистор обеспечивал значительное усиление сигнала, необходимо, чтобы максимальная величина рабочей частоты сигнала была по крайней мере в 20—30 раз меньше предельной частоты транзистора. Например, для усиления сигналов низкой частоты (до 20 кГц) применяются так называемые низкочастотные транзисторы, предельная частота которых обычно не ниже 0,5—1,0 МГц. Для усиления сигналов радиостанций длинноволнового и средневолнового диапазонов волн (до 1,6 МГц) применяются так называемые высокочастотные транзисторы с предельной частотой не менее 30—60 МГц.

Максимально допускаемая рассеиваемая мощность — это максимальная мощность, которую может рассеивать данный транзистор в течение длительного времени. В справочниках обычно указывается максимально допускаемая рассеиваемая мощность коллектора транзистора $P_{Кмакс}$, поскольку именно в цепи коллектор — эмиттер выделяется наибольшая мощность и действуют наибольшие токи и напряжения. Токи базы и коллектора, проходя по кристаллу транзистора, разогревают его, при этом германиевый кристалл может нормально работать при температуре не более 80°, а кремниевый — не более 120°. Тепло, которое выделяется в кристалле, отводится в атмосферу через корпус транзистора, а также через дополнительные металлические радиаторы (теплоотводы), которыми снабжают некоторые транзисторы.

В зависимости от назначения различают транзисторы малой, средней и большой мощности. Первые используются главным образом в каскадах для усиления и преобразования слабых сигналов низкой и высокой частоты, последние—в оконечных каскадах усиления и генерации колебаний низкой и высокой частоты.

Усилительные возможности каскадов на биполярных транзисторах зависят как от выбранного типа транзистора, так и от режима его по постоянному току, т. е. от значения постоянного напряжения на коллекторе относительно эмиттера и от значения тока коллектора.

Полевые транзисторы. Полевой транзистор представляет собой полупроводниковый прибор, в котором управление током, создаваемым направленным движением носителей одного знака (дырок или электронов) между двумя электродами, достигается с помощью третьего электрода, к которому прикладывается электрическое поле (напряжение). Электроды, между которыми протекает ток, носят название исток и сток, причем истоком считается тот электрод, из

которого выходят носители заряда (электроны или дырки). Третий (управляющий) электрод называется затвором. Изменение рабочего тока в полевом транзисторе осуществляется путем изменения сопротивления токопроводящего участка полупроводникового материала между истоком и стоком. Этот участок называется каналом.

В зависимости от типа носителя зарядов различают транзисторы с каналом *n*- или *p*-типа. В первом случае ток канала обусловлен направленным движением электронов, во втором — дырок. В связи с этой особенностью полевые транзисторы называются также униполярными, или канальными. Первое название подчеркивает, что ток создается переносом носителей одной полярности (этим полевой транзистор отличается от биполярного), второе — наличие характерного токопроводящего канала в полупроводниковом кристалле. В настоящее время в радиолюбительской и технической литературе чаще принято пользоваться термином «полевой транзистор».

Для изготовления полевых транзисторов используется главным образом кремний, что связано с характерными особенностями технологии производства этих транзисторов.

Усилительные возможности полевых транзисторов характеризуются рядом основных параметров, аналогичных параметрам биполярных транзисторов.

Крутизна входной характеристики, или проводимость прямой передачи тока, указывает, на сколько миллиампер изменяется ток канала (между стоком и истоком) при изменении входного напряжения (между затвором и истоком) на один вольт. Поэтому величина крутизны входной характеристики, называемая часто просто крутизной, определяется в миллиамперах на вольт, так же как и крутизна характеристики радиоламп. Современные полевые транзисторы имеют крутизну, исчисляемую от десятых долей до десятков миллиампер на вольт.

Частотные свойства полевых транзисторов, как и у биполярных, характеризуются значением предельной частоты. Подобно биполярным различают полевые транзисторы низкой, средней и высокой частоты. Сохраняется также условие обеспечения большого усиления, т. е. предельная частота полевого транзистора должна быть в 10—20 раз больше максимальной рабочей частоты. Конечно, полевые транзисторы, как и биполярные, можно использовать на более высоких частотах, но тогда усиление будет небольшим.

Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность полевого транзистора определяется точно так же, как и для биполярного транзистора. Полевые транзисторы, так же как биполярные, могут быть малой, средней и большой мощности.

Для нормальной работы полевого транзистора на его электроды необходимо подать напряжение постоянного тока, называемое начальным смещением. Полярность напряжения определяется типом канала (типа *n* или *p*), а величина — конкретным типом полевого транзистора. На рис. 2 приведены принятые условные обозначения полевых транзисторов с каналом типа *p* (рис. 2, *а*) и с каналом типа *n* (рис. 2, *б*), а также примерные значения напряжений смещения на затворе и стоке относительно истока. Электроды обозначены в соответствии с первыми буквами их названий — «исток», «затвор», «сток». Характерно, что для транзисторов с каналом типа *p* напряжение на стоке относительно истока должно быть отрицательным, а на затворе — положительным. Для транзисторов с каналом типа *n* — все наоборот: на стоке относительно истока напряжение положительное, на затворе — отрицательное.

То, что управление выходным током полевого транзистора осуществляется электрическим напряжением, дает существенное преимущество полевому транзистору перед биполярным. Это преимущество выражается в очень большом входном сопротивлении полевых транзисторов на низких частотах, исчисляемом единицами и даже десятками мегаом. Биполярные транзисторы в нормальных условиях имеют входное сопротивление, равное 1—2 кОм, и лишь в специальных каскадах, называемых эмиттерными повторителями, входное сопротивление может достигать нескольких десятков или сотен килоом.

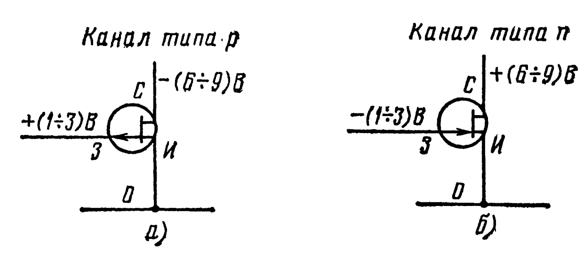


Рис. 2.

Классификация транзисторов

Отечественная электронная промышленность выпускает большое число транзисторов различного назначения. Условные обозначения, присваиваемые каждому типу транзисторов, состоят из буквенно-цифровых индексов. В настоящее время действует система условных обозначений, принятая в 1964 г. и дополненная в 1972 г. Согласно этой системе первый буквенный индекс обозначения указывает материал кристалла транзистора: К — кремний, Г — германий, второй вид прибора: Т — биполярный транзистор, П — полевой транзистор. Далее следует трехзначный цифровой индекс, первая цифра которого дает понятие о частотных и мощностных характеристиках транзистора в соответствии с данными табл. 1. Например, цифра 1 обозначает, что это низкочастотный транзистор малой мощности, 3 — транзистор высокочастотный малой мощности и т. д. Две последующие цифры указывают конкретный номер разработки. Последний — буквенный индекс обозначает разновидность основного типа транзистора, обусловленную разбросом параметров транзисторов при их изготовлении и специфическими требованиями к ним.

В качестве примера расшифруем условные обозначения транзисторов типов ГТ311А и КТ802. В первом случае имеем германиевый высокочастотный транзистор малой мощности с номером разработки 11А, во втором — кремниевый среднечастотный транзистор большой мощности с номером разработки 02.

Полевые транзисторы имеют цифровые индексы, также совпадающие с данными табл. 1. Например, условное обозначение КП303А означает, что это кремниевый полевой высокочастотный транзистор малой мощности с номером разработки 03А.

Таблица 1

Классификация отечественных транзисторов

Частотные свойства транзисторов	Транзисторы малой мощности ($P_{Кмакс}<$ $<0,3$ Вт)	Транзисторы средней мощности ($P_{Кмакс}=$ $=0,3\div3,0$ Вт)	Транзисторы большой мощности ($P_{Кмакс}>3$ Вт)
Низкие частоты ($f_{макс}<$ <3 МГц)	101—199	401—499	701—799
Средние частоты ($f_{макс}=$ $=3\div30$ МГц)	201—299	501—599	801—899
Высокие частоты ($f_{макс}=$ $=30\div300$ МГц)	301—399	601—699	901—999

Кроме транзисторов, имеющих обозначение по действующей системе, еще выпускаются и применяются транзисторы, обозначаемые по старой системе, действовавшей до 1964 г. Такие транзисторы имеют букву П, что означает «плоскостной транзистор», и цифровой индекс — от однозначного до трехзначного. Расшифровка цифровых индексов производится по данным табл. 2. Исключение составляют транзисторы типа П4, которые являются низкочастотными большой мощности, а не малой, как это следовало бы ожидать по данным табл. 2.

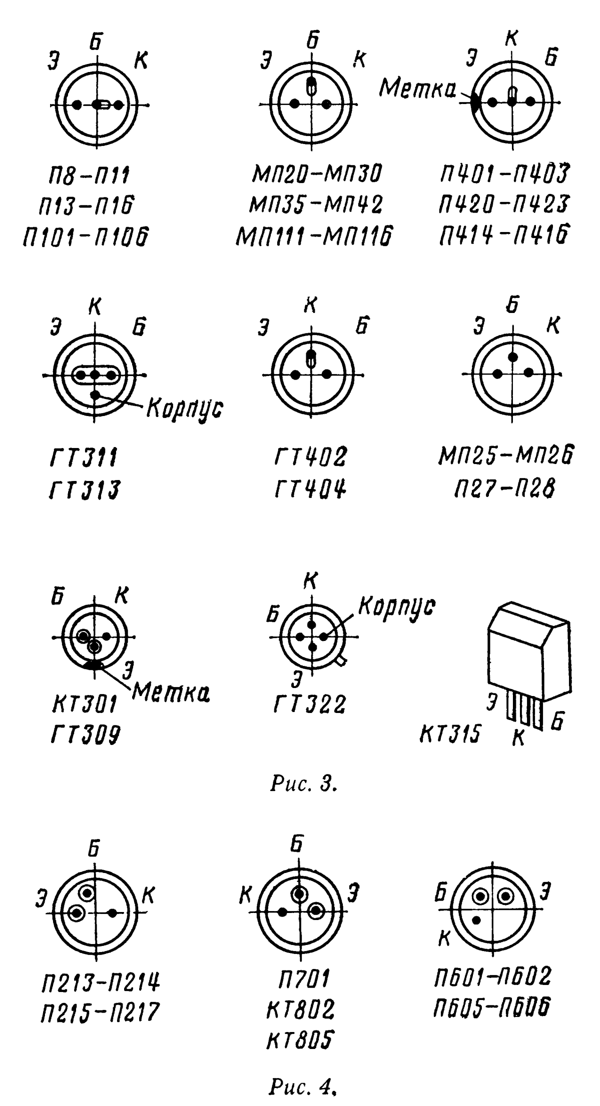
Таблица 2

Классификация отечественных транзисторов до 1964 г.

Частотные свойства транзисторов	Транзисторы малой мощности ($P_{Кмакс}\leqslant$ $\leqslant0,25$ Вт)		Транзисторы большой мощности ($P_{Кмакс}>$ $>0,25$ Вт)	
	Германий	Кремний	Германий	Кремний
Низкочастотные ($f_{макс}<$ <5 МГц)	1—100	101—200	201—300	301—400
Высокочастотные ($f_{макс}>$ >5 МГц)	401—500	501—600	601—700	701—800

Нужно отметить, что транзисторы старых типов теперь имеют в большинстве случаев дополнительную приставку — букву М, что означает транзистор с холодносварным корпусом. Такие транзисторы имеют значительно больший срок службы, чем их предшественники с горячесварным корпусом. Например, МП25А, МП39 и т. д. Кроме того, ряд приборов имеет два или один буквенный индекс после цифр. Первая буква означает разновидность основного типа транзистора, вторая — конструктивные особенности. Обычно это буква Э, означающая улучшенную влагостойкость, или И — улучшенные импульсные свойства. Например, П4АЭ, П605АИ.

Выпускаемые промышленностью транзисторы различаются не только условным обозначением, но и конструкцией корпусов, размещением выводов. На рис. 3 приведены упрощенные изображения наиболее широко применяемых в любительской практике биполярных транзисторов малой мощности со стороны выводов. Аналогично этому на рис. 4 и 5 приведено расположение выводов транзисторов



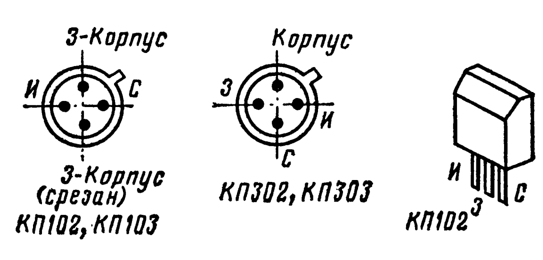


Рис. 5.

средней и большой мощности, а также полевых транзисторов малой мощности. Буквы у выводов обозначают: *Э* — эмиттер, *Б* — база, *К* — коллектор, *И* — исток, *З* — затвор, *С* — сток.

Взаимозаменяемость транзисторов

В процессе изготовления, налаживания или ремонта транзисторной аппаратуры нередко возникает необходимость замены одного транзистора другим. При этом может оказаться, что заменяемый транзистор уже давно снят с производства или отсутствует в продаже.

Выйти из затруднения можно путем применения транзистора другого типа той же структуры с аналогичными или близкими параметрами. Желательно, чтобы заменяющий транзистор был той же подгруппы, что и заменяемый. Обычно заменяющий транзистор подбирают по данным справочников по полупроводниковым приборам. Как правило, это толстые книги, предназначенные для специалистов, и разобраться в них начинающему радиолюбителю на первых порах бывает трудно. Поэтому в любительских условиях целесообразно пользоваться рекомендациями табл. 3. В этой таблице транзисторы размещены по своему основному назначению, при этом транзисторы каждой группы указаны в такой последовательности, что все последующие транзисторы заменяют предыдущие. Возможна также и обратная замена одного из последующих транзисторов каким-либо предыдущим, но при этом качественные характеристики каскада могут быть ухудшены. Транзисторы, уже снятые с производства и изымаемые из продажи, но когда-то широко применявшиеся в радиолюбительских конструкциях, указываются в скобках.

Как пользоваться данными табл. 3, покажем на примерах. Предположим, что в описании конструкции приемника рекомендуется использовать транзистор типа П420, уже не выпускаемый промышленностью. Согласно табл. 3 П420 — германиевый высокочастотный транзистор малой мощности, который может быть заменен на П422, П416Б и т. д. Другой пример. Необходимо подобрать замену транзистору типа МП38А. Согласно данным табл. 3 МП38А—это германиевый низкочастотный транзистор малой мощности. Его можно заменить на МП37А или МП36, МП35, но при этом качество работы каскада может быть ухудшено.

Следует учитывать, что в ряде случаев вводятся дополнительные ограничения на применение тех или иных транзисторов, о чем будет сказано при рассмотрении конкретных конструкций. Для удобства нахождения наилучшей замены транзисторов старых выпусков приведена табл. 4.

Таблица 3

Рекомендации по взаимозаменяемости транзисторов

Транзисторы	Типы транзисторов
Низкочастотные германиевые *p-n-p* структуры малой мощности	(П13), МП39, (П13А), (П13А), (П13Б), МП39Б, (П14), МП40, (П15), МП41, МП41А, (П16), МП42А, (П16А), МП42Б
Низкочастотные германиевые *n-p-n* структуры малой мощности	(П8), МП35, (П9), МП36, (П10), МП37, МП37А, (П11), МП38, МП38А
Низкочастотные кремниевые *p-n-p* структуры малой мощности	(П104), МП114, (П105), МП115, (П106), МП116
Низкочастотные кремниевые *n-p-n* структуры малой мощности	(П101), МП111, (П102), (МП112), (П103), МП113
Низкочастотные германиевые *p-n-p* структуры средней мощности	ГТ402А—ГТ402Г, ГТ403А—ГТ403Ж
Низкочастотные германиевые *n-p-n* структуры средней мощности	ГТ404А — ГТ404Г
Среднечастотные кремниевые *n-p-n* структуры средней мощности	КТ602, КТ605, КТ801
Низкочастотные германиевые *p-n-p* структуры большой мощности	(П201), (П201А), (П201Э), П213А, П213Б, (П203), П214А — П214Г, П215
Среднечастотные германиевые *p-n-p* структуры большой мощности	ГТ703А—ГТ703Г, ГТ806А—ГТ806В
Среднечастотные кремниевые *n-p-n* структуры большой мощности	П701, П702, КТ802А, КТ803А, КТ803Б, КТ805А, КТ808А
Высокочастотные германиевые *p-n-p* структуры малой мощности	(П420), (П401), (П421), (П402), П422, П416, (П403А), (П403), П416Б, ГТ322В—ГТ322Е, ГТ309А, ГТ309Г, ГТ322А, ГТ322Б, ГТ308А—ГТ308В, ГТ313А, ГТ313Б
Высокочастотные германиевые *n-p-n* структуры малой мощности	ГТ311А—ГТ311Е

Продолжение табл. 3

Транзисторы	Типы транзисторов
Высокочастотные кремниевые *n-p-n* структуры малой мощности	КТ301, КТ301А—КТ301В, КТ301Г—КТ301Е, (П501), (П502), (П503), КТ312А—КТ312Е, КТ315А—КТ315Г
Высокочастотные полевые с каналом *n*	КП302А—КП302В, КП303А—КП303И
Низкочастотные полевые с каналом *p*	КП102Е—КП102Л, КП103Е—КП103М, КП201Е—КП202Л

Таблица 4

Заменяемость отечественных транзисторов старых выпусков

Транзисторы		Транзисторы		Транзисторы	
старый	новый	старый	новый	старый	новый
П4А	П216А	П11	МП38	П201А	П213Б
П4Б	П216Г	П11А	МП38А	П202	П214Б
П4В	П216В	П13	МП39	П202А	П214В
П4Г	П216Г	П13А	МП39А	П203	П214Г
П4Д	П216Д	П13Б	МП39Б	П203А	П214В
П5А	ГТ108А	П14	МП40	П410	ГТ313А
П5Б	ГТ108Б	П14А	МП40А	П410А	ГТ313Б
П5В	ГТ108В	П14Б	МП40Б	П411	ГТ313Б
П5Г	ГТ108Г	П15	МП41	П411А	ГТ313Б
П5Д	ГТ108Д	П15А	МП41А	П417	ГТ313А
П5Е	ГТ108Г	П16	МП42	П417А	ГТ313Б
П6А	МП39	П16А	МП42А	П420	П401
П6Б	МП39А	П16Б	МП42Б	П421	П402
П6В	МП40	П101	МП111	П501	КТ315А
П6Г	МП41	П101А	МП111А	П502	КТ315Б
П6Д	МП39Б	П102	МП112	П503	КТ315В
П8	МП35	П103	МП113	П504	КТ315Г
П9	МП36	П103А	МП113А	П504А	КТ315Г
П9А	МП36А	П104	МП114	П505	КТ315В
П10	МП37	П105	МП115	П505А	КТ315Б
П10А	МП37А	П106	МП116	П701	КТ802А
П10Б	МП37Б	П201	П213А	П702	КТ803А

Меры предосторожности. Необходимо помнить, что транзисторы, как и все полупроводниковые приборы, очень чувствительны к перегреву. Поэтому припаивать их выводы необходимо маломощным паяльником (не более 50 В·А) быстро (в течение не более 3 с) и аккуратно. Для улучшения отвода тепла от транзистора во время

пайки его выводов последние следует придерживать пинцетом, играющим роль дополнительного теплоотвода. Кроме того, не рекомендуется сгибать выводы ближе 3—5 мм от корпуса транзистора и обрезать их более чем до 15 мм.

Особо следует оговорить, что припаивать выводы транзисторов можно только при выключенном питании аппаратуры. В противном случае даже при кратковременном замыкании проводников, находящихся под напряжением, возможен выход транзистора из строя.

Перегрев транзисторов возможен также в тех случаях, когда его рабочие токи и напряжения превосходят допустимые значения. Поэтому в процессе эксплуатации нужно контролировать их нагрев.

Другие виды полупроводниковых приборов

Кроме биполярных и полевых транзисторов в промышленных и радиолюбительских конструкциях находят широкое применение полупроводниковые приборы других видов. Главными из них являются выпрямительные и высокочастотные диоды, стабилитроны, неуправляемые переключающие диоды (динисторы), управляемые переключающие диоды (тиристоры), управляемые симметричные переключаемые диоды (симисторы), а также фоторезисторы и терморезисторы.

Диоды выпрямительные и высокочастотные проводят ток только в одну сторону. Выпрямительные диоды обычно рассчитаны на низкие частоты, но зато на средние или большие мощности. Высокочастотные диоды бывают, как правило, малой мощности.

Стабилитроны предназначены для стабилизации напряжения на нагрузке при изменении питающего напряжения в широких пределах.

Динисторы (неуправляемые переключающие диоды) включаются в проводящее состояние при подаче на них напряжения, большего напряжения включения.

Тиристоры (управляемые переключающие диоды) приобретают способность односторонне проводить ток только при подаче управляющего напряжения на специальный третий электрод.

Симисторы (управляемые симметричные переключающие диоды) подобны тиристорам, но обладают двусторонней проводимостью, т. е. при подаче на управляющий электрод напряжения определенной величины относительно катода диод может проводить большой ток при любой полярности переключаемого напряжения.

Фоторезисторами называются полупроводниковые приборы, сопротивление которых заметно меняется под воздействием внешнего освещения. Вообще все полупроводниковые приборы могут проявлять такие свойства, но в фоторезисторах эти свойства подчеркнуты особенно заметно с целью получения желаемого эффекта.

Терморезисторами называются резисторы, сделанные из полупроводникового материала, чувствительные к нагреву своего корпуса. Эта чувствительность проявляется в зависимости сопротивления терморезистора от температуры окружающей среды. Известно, что все полупроводниковые приборы чувствительны к изменению температуры, в том числе диоды и транзисторы. Но если там это нежелательно, так как связано с ухудшением параметров полупроводниковых приборов, то в терморезисторах это является полезным эффектом.

По действующей системе условных обозначений различные виды диодов обозначаются следующим образом: ГД — германиевый

диод (выпрямительный и высокочастотный); КД — кремниевый диод (выпрямительный и высокочастотный); КН — кремниевый неуправляемый переключающий диод (динистор); КУ — кремниевый управляемый переключающий диод (тиристор) и кремниевый управляемый симметричный переключающий диод (симистор); КС — стабилитрон. Диоды, разработанные до 1964 г., имеют один буквенный индекс Д. Последующие цифровые индексы раскрывают основные параметры диода.

К сожалению, объем книги и ее основная направленность не позволяют более подробно рассмотреть общие характеристики других полупроводниковых приборов, хотя многие из перечисленных выше будут применяться во всех транзисторных конструкциях в самых различных сочетаниях. В связи с этим конкретные рекомендации по применению и замене тех или иных полупроводниковых приборов, других деталей и узлов будут даны применительно к описанию той или иной конструкции.

На рис. 6, *а—ж* приведены условные графические обозначения соответственно диода, стабилитрона, динистора, тиристора, симистора, фоторезистора и терморезистора. Здесь электроды диодов условно обозначены начальными буквами слов «анод», «катод», «управляющий электрод». Проводящим считается такое направление, когда на аноде относительно катода приложено положительное напряжение. Исключение составляет стабилитрон, у которого для нормальной работы напряжение должно быть подано в обратной полярности, т. е. на аноде относительно катода должно действовать отрицательное напряжение. Фоторезисторы и терморезисторы не реагируют на изменение полярности подводимого напряжения, поэтому их можно включать в схему произвольно.

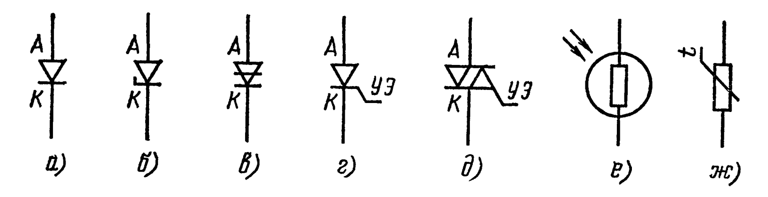


Рис. 6.

Работая с различными полупроводниковыми приборами, нужно всегда помнить, что они являются очень чувствительными к перегреву и перегрузкам по току и напряжения. Поэтому при монтаже, регулировке и ремонте полупроводниковой аппаратуры нужно придерживаться рекомендаций, приведенных для транзисторов. Особенно следует скрупулезно придерживаться этих рекомендаций при монтаже приборов малой мощности.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Известно, что даже самая современная транзисторная аппаратура не будет работать без подключения к соответствующему источнику постоянного напряжения, обеспечивающему заданный режим работы транзисторов. Поэтому, прежде чем приступить к рассмот-

рению конструкций различного назначения, следует подробно ознакомиться с наиболее доступными источниками питания транзисторных конструкций. Эти источники могут быть двух видов: автономные, к числу которых относятся гальванические и аккумуляторные элементы и батареи, и сетевые, преобразующие напряжение сети переменного тока 50 Гц 220 В в постоянное сглаженное напряжение соответствующей величины. К устройствам второго вида относятся низковольтные выпрямители, стабилизаторы выпрямленного напряжения и устройства для заряда аккумуляторов, называемые зарядными устройствами.

Прежде чем приступить к рассмотрению перечисленных источников питания, следует подчеркнуть, что характерной особенностью большинства транзисторных устройств является малое напряжение источников питания. Так, для большинства портативной и переносной транзисторной аппаратуры (приемников, магнитофонов и электрофонов) напряжение питания составляет всего 6—12 В. Усилители мощности стационарных приемников, усилителей низкой частоты и электрофонов требуют напряжения до 20—40 В и только усилители мощности до 50—100 Вт питаются напряжением 60—80 В.

Что касается значения тока, потребляемого от источника питания, то оно может колебаться от 10 мА до 5—10 А, что зависит от назначения конструкции.

Гальванические элементы и батареи

Гальванические элементы являются самыми распространенными и доступными источниками питания для малогабаритной транзисторной аппаратуры. Главные преимущества этих источников заключаются в их автономности, малых габаритах и простоте эксплуатации. Отечественная промышленность выпускает несколько типов гальванических элементов. Начальное напряжение, выраженное в вольтах, и электрическая емкость, выраженная в ампер-часах, являются главными параметрами любого гальванического элемента и батареи. Начальное напряжение определяет требуемое число элементов или батарей, которые необходимо соединить последовательно, чтобы обеспечить необходимое напряжение питания.

Другими важными параметрами являются гарантированный срок хранения элементов и батарей после их изготовления, а также габариты и масса. Отметим, что, как правило, емкость источника питания повышается с увеличением размеров элементов или батарей.

Практика показывает, что долговечность работы элементов и батарей зависит как от условий их хранения, так и от тока, потребляемого от них. Хранить батареи нужно в сухом прохладном месте. Если аппаратура длительное время не будет работать, источники питания следует вынуть из нее и поместить в сухое прохладное место, например на нижнюю полку бытового электрического холодильника.

Особо следует сказать о потребляемом токе. Для большинства батарей и элементов максимальное значение кратковременно потребляемого тока не должно составлять более 0,1—0,2 начальной емкости источника питания. Например, если емкость свежего элемента равна 1 А·ч, то тогда максимальное значение кратковременно потребляемого тока не должно быть более 100—200 мА.

Чтобы обеспечить работу аппаратуры с достаточно большой потребляемой мощностью в течение продолжительного времени (до

50—100 ч), необходимо, чтобы среднее значение потребляемого тока было в 50—100 раз меньше начальной емкости источника.

Кроме того, для каждого элемента и батареи в справочниках указывается измерительное значение потребляемого от них тока, при длительной работе с которыми источник должен сохранять электрическую емкость не менее гарантированной. Если измерения будут производиться в конце гарантированного срока хранения, то емкость должна быть уменьшена на 20%.

В табл. 5 приведены основные характеристики широко применяемых элементов (312, 314, 316, 326, 336, 343, 373) и батарей (3336Л, «Рубин», «Крона ВЦ»). С практической точки зрения наиболее удобны элементы 373 и батареи 3336Л, так как они чаще бы-

Основные характеристики гальванических элементов и батарей

Параметры	Тип, условное			
	312	314	316	326
Начальное напряжение, В	1,5	1,5	1,5	1,5
Начальная емкость, А·ч	0,21	0,42	0,6	0,85
Измерительный ток, мА	3,5	3,5	5,0	7,0
Средний ток, мА	3,5	7,0	15,0	20
Максимальный ток, мА	20	40	60	80
Срок хранения, мес	6	6	6	6
Габариты, мм	⌀ 14×25	⌀14×38	⌀ 14×50	⌀ 16×50
Масса, г	10	15	20	25

вают в продаже и широко используются в карманных электрических фонарях. Здесь следует отметить, что фактический срок службы этих источников в электрических фонарях исчисляется всего несколькими часами, так как в этом случае потребляемый ток составляет от 150 до 280 мА. После нескольких часов работы с лампой накаливания элементы и батареи уже не могут раскалить ее нить до требуемой яркости, но еще могут длительное время нормально питать транзисторную аппаратуру током до 30—50 мА. При этом для питания транзисторной аппаратуры можно использовать до 30—40% начальной емкости элементов и батарей. Это следует учесть сельским радиолюбителям и повторно использовать гальванические элементы и батареи после их работы в электрических фонарях. Конечно, это имеет смысл делать только тогда, когда еще не истек срок хранения источников. Если же электролит вытек и металлический стакан изъеден коррозией, то такой элемент или батарея уже непригодны для дальнейшего употребления и подлежат немедленному удалению. Если этого не сделать своевременно, то электролит, разлившись внутри аппаратуры, может вызвать коррозию радиодеталей с последующим выходом их из строя.

При работе с гальваническими элементами и батареями нужно помнить, что их напряжение понижается по мере выработки их емкости. Емкость, указываемая в табл. 5 для каждого элемента или батареи, соответствует разряду каждого элемента до напряжения, равного половине начального. Поскольку начальное напряжение од-

ного элемента равно около 1,5 В, то разряд его следует доводить до напряжения около 0,8 В. При дальнейшем использовании резко увеличивается внутреннее сопротивление элементов, вследствие чего нарушается нормальная работа аппаратуры. Например, транзисторный приемник начинает работать с большими искажениями звука. Конечно, лучше не дожидаться такого глубокого разряда элементов, а своевременно заменять их новыми. К сожалению, гальванические элементы имеют ограниченный срок хранения, что не позволяет запасаться ими «впрок».

Однако следует указать, что гальванические элементы и батареи способны восстанавливать свою энергию до 10—20% своего первоначального значения, если произвести дополнительный подзаряд

Таблица 5

обозначение					
336	343	373	3336Л	«Рубин»	«Крона ВЦ»
1,5	1,5	1,5	4,5	4,2	9,0
1,4	1,2	5,4	1,0	2,5	0,6
—	75	75	300	100	10,0
30	40	100	30	50	12
120	120	400	100	200	60
12	18	18	6	6	6
⌀20×50	⌀26×49	⌀34×62	22×63×65	22×63×65	22×26×40
45	52	115	240	200	40

их пульсирующим током. Если производить его не в конце срока хранения, то элементы и батареи могут выдержать до 20—25 циклов перезаряда. Подзаряжать гальванические элементы и батареи «Крона ВЦ» и 3336Л можно с помощью несложного устройства, один из возможных вариантов которого описывается далее.

Аккумуляторные элементы и батареи

Аккумуляторные элементы и батареи отличаются от гальванических элементов и батарей тем, что допускают многочисленные циклы заряда-разряда в течение длительного срока эксплуатации. Отечественная промышленность выпускает большое число типов аккумуляторов, но в любительской практике нашли применение в основном никель-кадмиевые аккумуляторные элементы и батареи дисковой конструкции, основные характеристики которых приведены в табл. 6. Это элементы типов Д-0,06, Д-0,1, Д-0,25 и батарея 7Д-0,1. Буква Д означает — дисковый, число после буквы — номинальную электрическую емкость в ампер-часах, цифра перед буквой — число элементов в батарее. Элементы Д-0,06 применяются для питания микроминиатюрных приемников «Космос», «Орленок». Элементы Д-0,1 используются главным образом в качестве запасных для батарей 7Д-0,1, которые широко применяются для питания карманных и малогабаритных приемников типов «Сокол», «Селга» и др.

Таблица 6

Основные характеристики аккумуляторных элементов и батареи

Параметры	Тип			
	Д-0,06	Д-0,1	Д-0,25	7Д-0,1
Номинальное напряжение, В	1,25	1,25	1,25	8,75
Номинальная емкость, А·ч	0,06	0,1	0,25	0,1
Номинальный разрядный ток, мА	6(18)	10(30)	20(60)	10(30)
Конечное разрядное напряжение, В	1,0	1,0	1,0	7,0
Зарядный ток, мА	6	12	20	12
Время заряда, ч	15	15	19	15
Срок службы, циклы	150	150	200	150
Срок хранения, годы	1,5	1,5	2,0	1,5
Габариты, мм	⌀15,6×6,4	⌀20,1×6,9	⌀27,2×10,3	⌀24,1×62
Масса, г	4	7	16	60

Примечание. В скобках указано максимальное значение тока.

Как видно из табл. 6, где представлены основные характеристики аккумуляторных элементов и батарей, гарантированное число циклов заряда-разряда дисковых аккумуляторов составляет не менее 150—200. Фактически это число больше и по опыту эксплуатации в любительских условиях достигает 400—500.

Особенностью эксплуатации дисковых аккумуляторов является то, что среднее значение потребляемого от них тока должно соответствовать току десятичасового разряда аккумулятора. Кратковременный максимальный ток может быть в 3 раза больше. Исключение составляют элементы типа Д-0,25, которые предназначены для использования в аккумуляторных фонарях (батарея состоит из двух или трех элементов) с лампами накаливания, потребляющими ток 150 мА. Разряд аккумулятора ниже 1 В на один элемент не рекомендуется из-за ухудшения характеристик.

Для периодического подзаряда аккумуляторов применяются специальные зарядные устройства, прилагаемые к некоторым приемникам, а также продающиеся отдельно. Зарядка производится от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В. Для каждого типа элементов специально оговариваются ток и время заряда с помощью такого устройства. Соблюдение рекомендуемых режимов разряда и заряда аккумуляторов способствует продлению срока службы аккумуляторов до 5—7 лет. Упомянутые типы элементов и

батарей можно заряжать также с помощью простейшего самодельного зарядного устройства, описываемого далее.

Гальванические и аккумуляторные элементы и батареи обладают существенным достоинством — автономностью применения. Они всегда готовы к действию и не связаны с сетью (в заряженном состоянии). Но у них есть и недостатки—относительно небольшой разрядный ток (от единиц до нескольких сотен миллиампер) и ограниченный срок службы (до подзаряда). В этом отношении значительно шире возможности у выпрямителей с питанием от сети.

Выпрямители

В стационарных условиях при наличии сети переменного тока напряжением 127 или 220 В транзисторные конструкции целесообразно питать не от элементов и батарей, а от низковольтного выпрямителя, подключаемого к сети. В настоящее время выпускается несколько типов портативных приемников и кассетных магнитофонов («Океан», «Весна»), в корпусе которых уже установлен такой выпрямитель. Кроме того, в продаже имеются специальные приставки для питания транзисторных приемников ВЭФ и «Спидола» от сети. Как правило, такие приставки имеют выходное напряжение 9 В и рассчитаны на потребляемый ток до 0,2 А. В тех случаях, когда приобрести приставку не удалось либо требуется получить выпрямленное напряжение другой величины и больший ток, то выпрямитель можно собрать самостоятельно из деталей, имеющихся в продаже и высылаемых по почте.

Принципиальная схема выпрямителя. Принципиальная схема простейшего выпрямителя для питания транзисторных конструкций от сети переменного тока 220 В приведена на рис. 7. Выпрямитель содержит понижающий трансформатор *Тр*$_1$, первичная обмотка которого (выводы *1-2*) подключена через плавкий предохранитель *Пр*$_1$

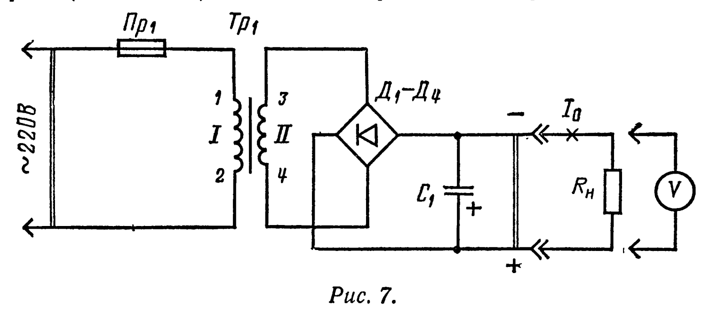


Рис. 7.

и соединительный шнур с вилкой на конце к сети переменного тока, а вторичная обмотка (выводы *3-4*) — ко входу двухполупериодного выпрямителя на диодах *Д*$_1$—*Д*$_4$. Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения производится с помощью электролитического конденсатора *С*$_1$, подключенного параллельно выходу выпрямителя. Потребитель тока обозначен на рис. 7 в виде нагрузочного резистора *R*$_н$. Обычно параметры потребителя тока характеризуются постоянным током и постоянным напряжением *U*$_0$, измеряемыми с помощью дополнительных амперметра и вольтметра постоянного тока.

Среднее значение выпрямленного напряжения и значение пульсаций зависят от ряда факторов, главными из которых являются параметры понижающего трансформатора, тип применяемых диодов и параметры электролитического конденсатора. В зависимости от того, какие будут применены детали и какой будет потребляемый ток, будут определены характеристики выпрямителя.

Детали. Главным в описываемом выпрямителе является понижающий трансформатор $Тр_1$, так как от его качества и параметров зависит работа транзисторного устройства в целом, а также безопасность эксплуатации выпрямителя в бытовых условиях. В любительской литературе описано большое число рекомендаций и советов по самостоятельному изготовлению и испытанию маломощных трансформаторов для питания транзисторных устройств, но самостоятельное изготовление такой ответственной части выпрямителя, как трансформатор, в любительских условиях затруднительно и в настоящее время нецелесообразно.

Как показала практика, лучше всего использовать готовый трансформатор промышленного изготовления. Изучение параметров большого числа понижающих трансформаторов показало, что наиболее пригодными и доступными для любителей являются применяемые в телевизорах выходные трансформаторы кадровой развертки типов ТВК-70, ТВК-110ЛМ-К, ТВК-110-Л. Возможно также применение трансформаторов от телевизоров старых типов. В зависимости от типа применяемого трансформатора, в котором он установлен, можно получить выпрямленное напряжение от 8 до 30 В при потребляемом токе до 1 А. При этом мощность, отдаваемая в нагрузку, может достигать 10—30 В·А.

В табл. 7 указаны основные характеристики маломощных понижающих трансформаторов. В ряде трансформаторов имеется допол-

Таблица 7

Основные данные маломощных понижающих трансформаторов

Тип	Сердечник	Обмотка	Число витков	Провод	Сопротивление постоянному току, Ом
ТВК-70Л2	УШ16× ×24	I (*1-2*) II (*3-4*)	3000 146	ПЭВ-1 0,12 ПЭВ-1 0,47	460 1,75
ТВК-110ЛМ	ШЛ16× ×25	I (*1-2*) II (*3-4*) III (*5-6*)	2400 148 240	ПЭВ-1 0,14 ПЭВ-0,62 ПЭВ-1 0,14	280 1,05 30
ТВК-110Л-1	ШЛ20× ×32	I (*1-2*) II (*3-4*) III (*5-6*)	2140 214 238	ПЭВ-1 0,17 ПЭВ-1 0,64 ПЭВ-1 0,17	250 1,5 25
ТВК-110Л2	УШ16× ×24	I (*1-2*) II (*3-4*) III (*5-6*)	2430 150 243	ПЭВ-1 0,15 ПЭВ-1 0,55 ПЭВ-1 0,15	280 1,05 32
ТВК «Темп-6м», «Темп-7»	Ш19×28	I (*1-2*) II (*3-4*)	3000 168	ПЭЛ-0,15 ПЭЛ-0,55	370 1,5

нительная, третья обмотка. Она намотана тонким проводом и не допускает значительного тока, поэтому эта обмотка обычно не используется. В табл. 8 приводятся основные характеристики выпрямителей при использовании диодов широкого применения. Все указанные в табл. 7 и 8 трансформаторы и диоды высылаются по почте и имеются в широкой торговле.

Таблица 8

Основные характеристики доидных выпрямителей

Тип диода	Подводимое переменное напряжение, В, не более	Выпрямленное напряжение, В, не более	Выпрямленный ток, А, не более
Д7А	36	50	0,60
Д7Б	70	100	0,60
Д7В	105	150	0,60
Д7Г	140	200	0,60
Д7Д	215	300	0,60
Д7Е	230	400	0,60
Д7Ж	280	400	0,60
Д226Б	280	400	0,60
Д226В	215	300	0,60
Д226Г	140	200	0,60
Д226Д	70	100	0,60
Д229В, Ж	70	100	1,0
Д229Г, И	140	200	1,0
Д229Д, К	230	300	1,0
Д229Е, Л	280	400	1,0
Д242А, Б	70	100	10,0

На рис. 8 приведены результаты измерения среднего выпрямленного и сглаженного напряжений на выходе выпрямителей, где установлены трансформаторы различных типов. Пунктиром обозначены предельные значения выпрямленного тока для диодов типов Д7 и Д226 с любыми буквенными индексами (I_0=0,6А) и для Д229 (I_0= =1 А). Как видно из рис. 8, наибольшее выходное напряжение может обеспечить трансформатор типа ТВК-110Л-1, наименьшее — ТВК-70Л2. Снижение выпрямленного напряжения по мере увеличения потребляемого тока объясняется ростом падения напряжения на вторичной обмотке трансформатора и на диодах, при этом потери напряжения на германиевых диодах примерно на 0,6 В меньше, чем на кремниевых. Диоды Д7 — германиевые, остальные, указанные в табл. 8, — кремниевые.

Как видно из данных табл. 8, все перечисленные диоды пригодны для использования в простейшем выпрямителе с применением ТВК. Выбор того или иного типа диода определяется максимальным значением потребляемого тока. Для большинства любительских конструкций могут быть применены диоды типов Д7 или Д226 с любыми буквенными индексами.

Теперь об электролитическом конденсаторе. Во-первых, обозначенное на нем номинальное напряжение должно быть по крайней

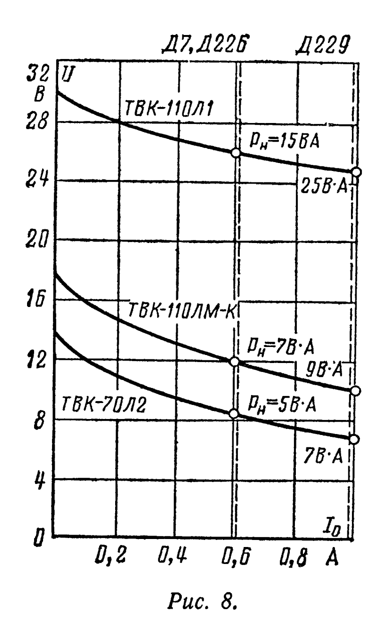


Рис. 8.

мере на 15—20% больше максимального напряжения выпрямителя. Делается это с той целью, чтобы обеспечить сохранность конденсатора при повышении напряжения питания сети, что в сельской местности может иметь место. Во-вторых, емкость конденсатора должна сбеспечивать пульсацию выпрямленного напряжения не более допустимой для данного транзисторного устройства, а токи заряда и разряда конденсатора не должны превышать значения, предельного для данного типа и номинала конденсатора, о чем будет сказано далее.

О пульсации выпрямленного напряжения кратко можно сказать следующее. В результате колебаний напряжения с удвоенной частотой сети (100 Гц) создаются помехи для нормальной работы аппаратуры. В частности, эти помехи проявляются в виде фона, прослушиваемого в громкоговорителях электроакустических и приемных устройств. Качество работы выпрямителя при этом оценивается *коэффициентом пульсаций*, который определяется по формуле

$$k_n = U_n / V_0,$$

где U_n — амплитудное значение напряжения частотой 100 Гц на выходе выпрямителя; V_0 — среднее значение выпрямленного напряжения.

Поскольку для непосредственного измерения коэффициента пульсаций требуется применение сложных приборов (осциллографов, электронных вольтметров), то на практике коэффициент пульсаций определяется косвенным путем по формуле

$$k_п = 3200 \frac{I}{CV_0},$$

где C — емкость сглаживающего конденсатора, мкФ; I — ток нагрузки, А.

Для каждого каскада электроакустического или радиоприемного устройства коэффициент пульсаций должен быть не более некоторой допустимой величины. В радиолюбительской практике можно ориентироваться на данные табл. 9. Как видно из нее, максимальный коэффициент пульсаций (до 0,01) допускают оконечные каскады двухтактных усилителей низкой частоты и приемники в целом. Наименьшие коэффициенты пульсаций требуются для входных каскадов усилителей низкой частоты магнитофонов (до 10^{-7}).

В табл. 10 приведены допустимые значения потребляемого тока нагрузки, выраженного в амперах, в зависимости от типа и номина-

Таблица 9

Допустимые значения коэффициента пульсаций напряжения питания

Каскады	Коэффициент пульсаций
Входные каскады усилителей низкой частоты магнитофонов	10^{-7}—10^{-6}
Входные каскады усилителей НЧ приемников и электрофонов	$3 \cdot 10^{-7}$—$3 \cdot 10^{-6}$
Преобразователи частоты, усилители высокой частоты	10^{-6}—10^{-5}
Усилители промежуточной частоты, промежуточные каскады усиления низкой частоты	10^{-5}—10^{-4}
Выходные каскады усиления низкой частоты, вспомогательные каскады	10^{-4}—10^{-3}
Портативные приемники и магнитофоны	10^{-3}—10^{-2}

Таблица 10

Допустимые значения тока нагрузки выпрямителя, А

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ				
		200	500	1000	2000	4000
К-50-6	10	0,06	0,16	0,32	0,50	0,32
	15	0,10	0,25	0,50	0,70	0,45
	25	0,16	0,30	0,60	0,80	0,8
	50	0,24	—	—	—	—
К50-3А, К50-3Б	12	0,03	0,07	0,16	0,30	—
	25	0,07	0,15	0,30	0,60	—
	50	0,13	—	—	1,0	—
КЭ-1, КЭ-2, ЭГЦ-1	12	0,02	0,05	0,10	0,20	—
	20	0,03	0,08	0,16	0,30	—
	30	0,05	0,13	—	—	—

Примечание. Допустимый ток нагрузки выпрямителя при использовании конденсаторов типа К50-6 на 4000 мкФ ограничен конструктивными особенностями конденсаторов этого типа.

ла конденсатора на выходе выпрямителя. Сведения приведены для наиболее распространенных в любительской практике конденсаторов Если емкости одного конденсатора недостаточно для обеспечения требуемого тока нагрузки, то тогда необходимо включить параллельно два, три или более конденсаторов, чтобы их суммарный допустимый ток был не менее допустимого значения.

Конструкция. Конструкция выпрямителя может быть самой различной, но обязательно обеспечивающей безопасность работы с ним в любых условиях. Поэтому желательно все детали выпрямителя разместить на небольшой панели из текстолита или гетинакса толщиной 2—3 мм, которая будет затем установлена в закрытый корпус с вентиляционными отверстиями. Наличие плавкого предохранителя на 0,5 А обязательно. Если выпрямитель располагается внутри приемника или магнитофона, то дополнительного кожуха не требуется.

В качестве примера внешнего оформления выпрямителя на рис. 9 приведен самодельный выпрямитель с трансформатором ТВК-110ЛМ-К и двумя электролитическими конденсаторами тапа К50-3Б (с гайкой) на 500,0×25 В каждый, соединенными параллельно.

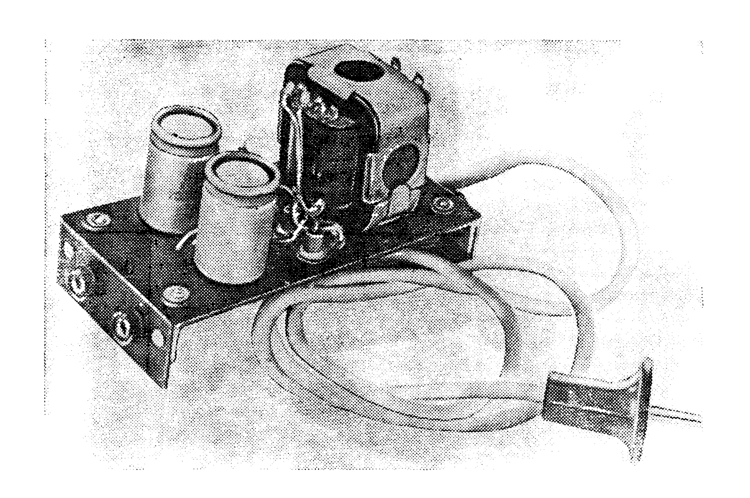


Рис 9.

Выпрямительные диоды типа Д229Г. Как можно видеть из графиков на рис. 8, такой выпрямитель может обеспечить выходное напряжение от 18 до 10 В при токе нагрузки до 1 А (по данным табл. 8). Но общая емкость двух конденсаторов типа К50-3Б, равная 1000 мкФ, согласно данным табл. 10 ограничивает ток нагрузки до 0,3 А, при этом расчетное значение коэффициента пульсаций может достигать значения 0,1. При потребляемом токе не более 30 мА коэффициент пульсаций будет меньше 0,01, т. е. от данного выпрямителя можно питать без каких-либо дополнительных приспособлений карманный или переносный приемник. Если принять во внимание, что

в приемнике и усилителе обычно имеется собственный электролитический конденсатор, шунтирующий источник питания, то реальное значение коэффициента пульсаций будет несколько меньше.

Приведенные краткие сведения об устройстве и подборе деталей для маломощного выпрямителя, а также расчетные значения его параметров свидетельствуют о том, что выпрямитель сам по себе не может обеспечить малый коэффициент пульсаций, так как для этого потребовались бы батареи электролитических конденсаторов общей емкостью в десятки тысяч микрофарад. Дальнейшее уменьшение коэффициента пульсаций возможно при применении дополнительных фильтрующих цепей, через которые питаются отдельные каскады. Но эти меры не устраняют весьма серьезного недостатка простейшего выпрямителя — зависимости выпрямленного напряжения от напряжения сети и значения тока, потребляемого нагрузкой выпрямителя. Избавиться от этого недостатка можно только с помощью дополнительных устройств, называемых стабилизаторами напряжения питания. Начинающие радиолюбители обычно путают эти простые дополнительные каскады с громоздкими стабилизаторами напряжения сети, через которые питаются в сельской местности сетевые приемники и телевизоры. О том, что представляют собой стабилизаторы выходного напряжения выпрямителей, как они устроены, из каких деталей их можно собрать самостоятельно, пойдет речь в следующем параграфе.

Стабилизаторы напряжения питания и зарядные устройства

Стабилизатором напряжения питания называется каскад или устройство, включенное на выходе выпрямителя, уменьшающее коэффициент пульсаций, а также влияние колебаний напряжения сети и потребляемого нагрузкой тока на выходное напряжение.

В основе действия стабилизаторов напряжения лежит использование специальных полупроводниковых приборов, называемых стабилитронами. Это кремниевые диоды, у которых напряжение между анодом и катодом остается практически постоянным при изменении в больших пределах тока, проходящего через стабилитрон в обратном направлении. В зависимости от типа стабилитрона это напряжение может составлять от трех до нескольких десятков и даже сотен вольт. В табл. 11 приведены основные данные наиболее распространенных типов стабилитронов, широко применяемых в любительской практике. Указанные в таблице стабилитроны эффективно стабилизируют напряжение лишь при токе через них не менее 2—3 мА. Максимальный ток, проходящий через стабилитрон, ограничивается допустимой мощностью, рассеиваемой стабилитронами конкретного типа. Эти значения указаны в табл. 11.

На рис. 10 приведены вольт-амперные характеристики для нескольких типов стабилитронов. Напомним, что вольт-амперными называются характеристики, которые представляют зависимость выходного тока от значения и полярности прикладываемого напряжения. Как видно из рис. 10, правая ветвь всех характеристик одинакова и полностью совпадает с прямой характеристикой обычного кремниевого выпрямительного диода. Левые ветви, получаемые при подаче обратного напряжения, ведут себя весьма своеобразно. При малом напряжении они совпадают с ходом обратных характеристик обычных диодов, но по достижении некоторого напряжения, характерного для каждого типа стабилитрона, наблюдается резкое

Таблица 11

Основные характеристики распространенных типов стабилитронов

Тип стабилитрона	Максимальный ток, мА	Напряжение стабилизации, В	Дифференциальное сопротивление, Ом
КС133А	80	3,0—3,7	65
КС139Б	70	3,5—4,3	60
КС147А	58	4,1—5,2	56
КС156А	55	5,0—6,2	46
КС168А	45	6,0—7,5	28
КС196А-Г	20	9,1—10,1	18
Д808	33	7,0—8,5	6
Д809	29	8,0—9,5	10
Д810	26	9,0—10,5	12
Д811	23	10—12,0	15
Д813	20	11,5—14,0	18
Д814А	40	7,0—8,5	6
Д814Б	36	8,0—9,5	10
Д814В	32	9,0—10,5	12
Д814Г	29	10,0—12,0	15
Д814Д	24	11,5—14,0	18

Примечание. Стабилитроны Д808—Д813 сняты с производства и заменяются стабилитронами Д814А—Д814Д соответственно.

увеличение тока при незначительном увеличении напряжения, прикладываемого к диоду, например для стабилитрона типа КС133А — при 3,3 В, КС168А — при 6,8 В и т. д. Именно этот участок характеристики используется в стабилизаторах напряжения.

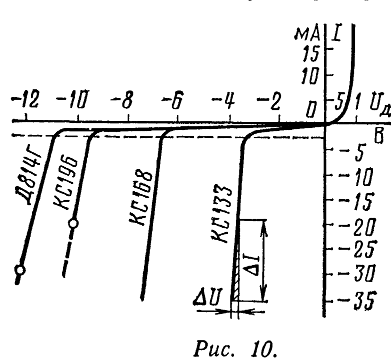


Рис. 10.

Стабилизирующие свойства стабилитрона оцениваются его дифференциальным сопротивлением, определяемым как отношение приращения напряжения к вызвавшему его приращению тока стабилитрона при работе на падающем участке его характеристики:

$$r_д = \Delta U / \Delta I,$$

где ΔU — приращение напряжения, В; ΔI — приращение тока, А.

Приращения тока и напряжения указаны на рис. 10.

Дифференциальное сопротивление указанных в табл. 11 стабилитронов колеблется от 10 до 40 Ом и может быть определено по справочникам. Так как эти значения имеют большой разброс от

одного экземпляра к другому даже для стабилитронов одного и того же типа, то в среднем можно ориентироваться на значение, равное 25 Ом. Это значит, что если ток через стабилитрон увеличился на 10 мА, то при этом напряжение на нем увеличится всего лишь на $10 \times 25 = 250$ мВ.

Стабилизаторы напряжения, в которых используются стабилитроны, разделяются на две основные группы — параметрические и компенсационные. Последние называются также еще и транзисторными. В параметрических стабилизаторах используются только собственные стабилизирующие свойства стабилитрона, тогда как в компенсационных эти свойства дополняются и усиливаются при помощи дополнительных усилительных каскадов на транзисторах.

Параметрический стабилизатор напряжения. На рис. 11 приведена принципиальная схема простейшего параметрического стабилизатора напряжения с помощью стабилитрона $Д_1$. Потребитель тока

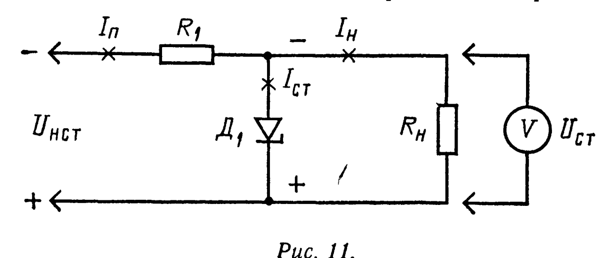


Рис. 11.

обозначен сопротивлением нагрузки $R_н$. Стабилитрон подключен к источнику нестабилизированного напряжения (выходу выпрямителя) через токоограничительный резистор R_1. Для того чтобы ток через стабилитрон не превышал допустимого значения, необходимо, чтобы сопротивление резистора R_1, выраженного в омах, было не менее определенного значения, определяемого по формуле

$$R_1 \geqslant U_{0макс} - U_{ст}/I_{ст.макс},$$

где $U_{0макс}$ — максимальное напряжение источника питания, В; $U_{ст}$ — напряжение стабилизации, В; $I_{ст.макс}$ — максимальный ток стабилитрона, мА.

Стабилизатор работает следующим образом. При отключенной нагрузке через резистор R_1 проходит один и тот же ток, равный:

$$I_{ст} = I_{R1} = (U_0 - U_{ст})/R_1,$$

где U_0 — напряжение источника, при этом напряжение на стабилитроне равно постоянному значению $U_{ст}$.

При подключении нагрузки параллельно стабилитрону происходит разветвление тока, протекающего через резистор R_1. Теперь только часть этого тока проходит через стабилитрон $Д_1$, а остальная — через нагрузку. Очевидно, что напряжение на стабилитроне будет оставаться практически постоянным, если изменения тока стабилитрона не выходят за пределы, ограниченные минимальным его значением, т. е. примерно 3 мА. Следовательно, ток, потребляемый нагрузкой, может изменяться в широких пределах, а напряжение на стабилитроне будет оставаться практически неизменным.

В качестве примера приведем расчет простейшего стабилизатора напряжения питания карманного приемника «Орбита», потребляющего ток до 40 мА при напряжении питания 6 В. В качестве выпрямителя используется описанный выпрямитель на базе трансформатора типа ТВК-110ЛМ-К. Максимальное напряжение выпрямителя, как это следует из рис. 8, достигает 16 В.

Расчет всегда начинается с выбора стабилитрона. Согласно данным табл. 11 напряжение стабилизации, близкое к 6 В, обеспечивают стабилитроны типов КС156А и КС168А. Остановимся на стабилитроне КС156А, который включен в прейскурант Центральной базы Посылторга. Для этого стабилитрона напряжение стабилизации равно в среднем 5,6 В, а максимальный ток 46 мА.

Далее находим минимальное допустимое сопротивление токоограничительного резистора:

$$R_1 \geqslant (16,0 - 5,6)/0,046 \approx 190\,\text{Ом}.$$

Выбираем ближайшее стандартное значение (в бо́льшую сторону), равное 200 Ом. Требуемая мощность резистора находится по формуле

$$P = I_{R1}(U_0 - U_{\text{ст}}),\ \text{Вт}.$$

С учетом уже известных данных имеем:

$$P = 0,046\,(16,0 - 5,6) = 0,57\,\text{Вт}.$$

Выбираем ближайшее значение 1 Вт (в сторону увеличения). Здесь можно использовать резистор типа МЛТ-1 или МЛТ-2 на 200 Ом. На этом расчет стабилизатора заканчивается, но остается открытым вопрос: насколько улучшится коэффициент пульсаций?

К сожалению, параметрический стабилизатор напряжения уменьшает коэффициент пульсаций лишь в несколько десятков раз. Численно это улучшение равно примерно отношению сопротивлений резистора R_1 и дифференциального сопротивления стабилитрона. Так, если учесть, что первое равно 200 Ом, второе — 46 Ом, то уменьшение коэффициента пульсаций возможно примерно в 4,5 раза. Очевидно, что дальнейшее уменьшение коэффициента пульсаций возможно либо при помощи подбора стабилитрона с меньшим дифференциальным сопротивлением, либо путем увеличения сопротивления токоограничительного резистора, что связано с повышением выходного напряжения выпрямителя. Оба пути возможны, но они не рекомендуются для любителей. Существует более простой и надежный способ — применение транзисторных компенсационных стабилизаторов напряжения.

Транзисторные стабилизаторы напряжения. Транзисторные стабилизаторы напряжения питания, как уже ранее говорилось, относятся к компенсационному типу. В таких стабилизаторах напряжение на выходе стабилитрона сравнивается с напряжением вполне определенной величины, например с выходным напряжением стабилизатора на нагрузке. Разность этих напряжений поступает на вход усилителя постоянного тока или напряжения, управляющего работой оконечного каскада стабилизатора таким образом, чтобы разностное напряжение было минимальным. Несомненным достоинством компенсационных стабилизаторов является то, что с помощью применения усилителей постоянного тока или напряжения можно добиться очень высокой стабильности выходного напряжения, получения боль-

шего тока нагрузки и значительно меньшего коэффициента пульсаций.

Существует большое число самых различных стабилизаторов напряжения компенсационного типа. Для того чтобы оценивать их достоинства и недостатки, применяется система характеристик.

Максимальный выходной ток и напряжение указывают предельные значения выходного тока и напряжения, при которых стабилизатор может работать длительное время.

Выходное сопротивление имеет тот же смысл, что и дифференциальное сопротивление для стабилитронов, но если у стабилитронов оно исчисляется десятками ом, в лучшем случае — единицами ом, то у транзисторных стабилизаторов оно составляет десятые доли ома.

Коэффициент стабилизации напряжения показывает, во сколько раз уменьшаются коэффициент пульсаций и колебания выпрямленного напряжения на выходе стабилизатора по сравнению с теми же характеристиками на его входе. Коэффициент стабилизации может составлять от десятков до тысяч раз.

Температурный коэффициент показывает, на какую относительную величину изменяется выходное напряжение стабилизатора при изменении температуры окружающего воздуха на 1°С. Обычно этот коэффициент целиком определяется температурным коэффициентом стабилитронов, равным 0,1% на 1°С. Например, при одном и том же токе нагрузки, но при температурах, отличающихся на 20°С, различие в выходном напряжении стабилитрона составит 2%. Для большинства любительских конструкций на транзисторах этой точности установки напряжения вполне достаточно, так как погрешность измерительных приборов, сделанных радиолюбителями, составляет 3—5%.

В любительских конструкциях широкое распространение получили компенсационные стабилизаторы напряжения с усилителями постоянного тока или постоянного напряжения.

Стабилизатор напряжения с усилителем тока. На рис. 12 приведена принципиальная схема простейшего компенсационного стабили-

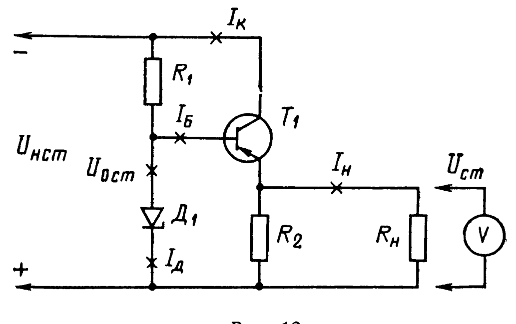


Рис. 12.

затора, в котором опорное напряжение создается с помощью последовательно соединенных резистора R_1 и стабилитрона $Д_1$, а усилитель постоянного тока выполнен на одном транзисторе T_1, включенном по схеме эмиттерного повторителя. Потребитель — нагрузка, обозначенная как резистор $R_н$, включается непосредственно в цепь

эмиттера транзистора T_1. Для поддержания режима работы транзистора при отключении нагрузки в цепь эмиттера включен дополнительный балластный резистор R_2. Его сопротивление выбирается таким образом, чтобы ток холостого режима работы транзистора T_1 был значительно больше начального неуправляемого тока его, т. е. не менее 5—10 мА.

Как видно из рис. 12, резистор R_1 и стабилитрон $Д_1$ образуют параметрический стабилизатор напряжения. Благодаря эмиттерному повторителю напряжение на эмиттере транзистора T_1 будет лишь на несколько десятых долей вольта меньше опорного напряжения $U_{ост}$, действующего на его базе. Теоретически ток эмиттера транзистора T_1 может достигать величины в $(1+h_{21Э})$ раз большей, чем ток через стабилитрон $Д_1$, где $h_{21Э}$ — статический коэффициент передачи тока применяемого транзистора. Но на практике с целью получения высокой стабильности выходного напряжения стабилизатора ток эмиттера принимается равным не более чем в $(1+h_{21Э})/2$ раз больше тока через резистор R_1. Например, если транзистор T_1 типа П213А с $h_{21Э}=40$, ток через резистор R_1 составляет 10 мА, то тогда максимальный ток эмиттера этого транзистора может достигать $[(1+ +40)\cdot 10]/2=205$ мА. Если при этом полагать, что балластный ток через резистор R_2 равен 5 мА, то тогда ток нагрузки (через резистор $R_н$) составит не более 200 мА. Правда, в некоторых случаях допускается примерно полуторное увеличение выходного тока. Но оно должно быть кратковременным, например, в результате резкого броска тока при коммутации цепей или при наличии неисправности в аппаратуре.

Несмотря на свою простоту, стабилизатор по схеме на рис. 12 можно с успехом применять для питания транзисторных приемников с выходной мощностью до 1—2 В·А или небольших переносных кассетных магнитофонов. Например, если стабилизатор будет питаться от выпрямителя по схеме на рис. 7 с трансформатором типа ТВК-110ЛМ-К и в нем будут установлены стабилитрон $Д_1$ типа Д814Б (Д809), резистор R_1 типа МЛТ-2 на 510 Ом и транзистор T_1 типа П213А, то тогда его выходное напряжение будет составлять около 9 В, а максимальный ток, потребляемый нагрузкой, может достигать 200 мА. Такой стабилизатор может с успехом питать от сети 220 В переносные приемники типов ВЭФ, «Спидола», «Океан» и др. либо кассетный магнитофон типа «Спутник». Он обладает следующими параметрами: выходное сопротивление 2 Ом, коэффициент стабилизации и пульсаций — около 30. Это значит, что при изменении тока нагрузки от 0 до 200 мА выходное напряжение стабилизатора уменьшается примерно на $2\cdot 200=400$ мВ$=0{,}4$, В, а амплитуда пульсаций выходного напряжения с частотой 100 Гц примерно в 30 раз меньше, чем на входе.

Недостатком стабилизатора напряжения с усилителем тока по схеме на рис. 12 является то, что значение управляющего напряжения между базой и эмиттером транзистора T_1 зависит от тока нагрузки, что проявляется в относительно большом выходном сопротивлении. На рис. 13 приведена усредненная характеристика зависимости напряжения между базой и эмиттером от тока нагрузки для транзисторов типа П213А, П213Б. Как видно из рис. 13, при токе 200 мА это напряжение составляет приемлемую величину (0,45—0,65 В), тогда как при токе 1 А — около 0,8 В. Кроме того, различные экземпляры транзисторов имеют разброс характеристик, что указано пунк-

тирными линиями. Таким образом реальное различие между напряжением, создаваемым параметрическим стабилизатором на стабилитроне $Д_1$, и выходным напряжением стабилизатора может составлять 0,5—1,0 В. Это считается большим отклонением, неприемлемым для высококачественной и высокостабильной аппаратуры.

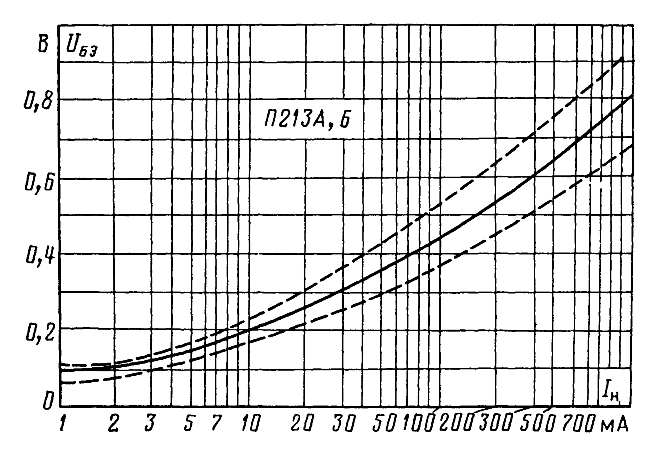


Рис. 13.

В этом отношении значительно лучше параметры стабилизатора напряжения с усилителем тока и напряжения, например по схеме на рис. 14, который содержит параметрический стабилизатор напряжения на резисторе R_1 и стабилитроне $Д_1$, усилитель тока на транзис-

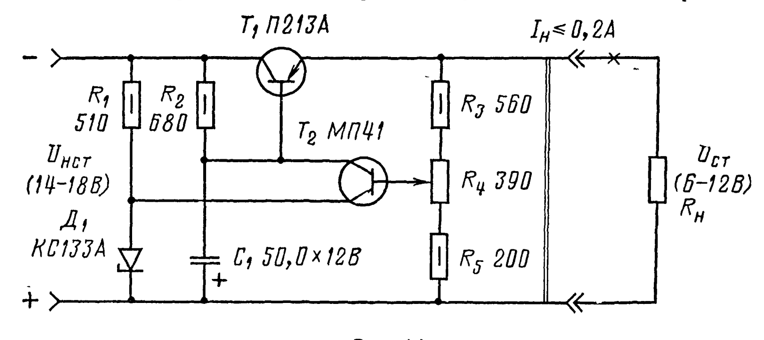


Рис. 14.

торе T_1 и усилитель постоянного напряжения на транзисторе T_2, управляющий работой усилителя тока Максимальный ток нагрузки 200 мА, выходное сопротивление — около 0,5 Ом, коэффициент стабилизации и подавления пульсаций — не менее 150. Выходное напряжение стабилизатора может плавно меняться от 6 до 12 В, что достигается вращением оси переменного резистора R_4. С целью допол-

нительного подавления пульсаций вводится электролитический конденсатор C_1.

Стабилизатор с усилителем постоянного тока и напряжения. Значительное улучшение параметров стабилизатора напряжения, схема которого представлена на рис. 14, достигнуто главным образом путем введения дополнительного усилителя постоянного напряжения. Работает стабилизатор следующим образом. Параметрический стабилизатор на резисторе R_1 и стабилитроне $Д_1$ создает опорное напряжение, равное примерно половине минимального выходного напряжения стабилизатора, в данном случае 3,3 В. В отличие от схемы на рис. 12 опорное напряжение подводится не к базе, а к эмиттеру транзистора T_2, запирая его. Отпирающее напряжение на базу транзистора T_2 подается с подвижного контакта движка переменного резистора R_4, который последовательно с резисторами R_3 и R_5 подключен параллельно выходу стабилизатора. Коллектор транзистора T_2 соединен с отрицательным полюсом источника питания через резистор R_2, а база транзистора T_1 подключена непосредственно к коллектору транзистора T_2.

При рассмотренной схеме включения транзисторов и номиналах деталей по рис. 14 для нормальной работы стабилизатора необходимо, чтобы разность напряжений между эмиттером и базой транзистора составляла около 0,1 В. При разности напряжений 0,2 В ток коллектора транзистора T_2 достигает примерно 10 мА, т. е. возрастает примерно в 10 раз. Такое изменение коллекторного тока транзистора T_2 приводит к перераспределению тока резистора R_2 между базой транзистора T_1 и коллектором транзистора T_2. Чем больше напряжение между базой и эмиттером транзистора T_2, тем меньше ток базы транзистора T_1. Таким образом, даже незначительные изменения выходного напряжения стабилизатора (на 0,05 В) приводят к заметному перераспределению тока через резистор R_2. Меняя положение движка переменного резистора R_4, мы тем самым устанавливаем на выходе стабилизатора такое напряжение, которое после деления на резисторах R_3—R_5 будет равно опорному напряжению параметрического стабилизатора плюс небольшая добавка (около 0,1 В). Для контроля за выходным напряжением параллельно нагрузке желательно подключить вольтметр постоянного напряжения со шкалой 0—15 В.

Описанный стабилизатор совместно с выпрямителем на трансформаторе типа ТВК-110ЛМ-К может питать различные транзисторные конструкции постоянным напряжением с коэффициентом пульсаций не более 10^{-3}. В случае необходимости максимальный ток нагрузки может быть увеличен до 0,5 А. Для этого транзистор T_1 следует заменить на П213Б или П214В с коэффициентом $h_{21э}=40 \div 60$, при этом рекомендуется увеличить емкость конденсатора C_1 до 100 мкФ. Здесь подойдут конденсаторы типа К50-3А, К50-3Б и К50-6 на рабочее напряжение не менее 12—15 В.

Несколько слов о конструктивном оформлении стабилизаторов напряжения. Обязательным условием долгой службы этих устройств является наличие дополнительных теплоотводов для транзисторов, работающих в усилителях тока (П213, П214 и т. п.). В среднем такой теплоотвод должен рассеивать не менее 3—5 В·А. Наиболее простым является пластинчатый теплоотвод, выполненный из листовой латуни и дюралюминия толщиной 3—4 мм. На рис. 15 приведены расчетные значения мощности, рассеиваемой пластинчатыми теплоотводами из листового дюралюминия с различными размерами. При

этом предполагается, что рабочая (плоская) поверхность транзистора П213АБ прижата плотно к поверхности теплоотвода, а сам он размещен вертикально так, чтобы обе его поверхности свободно соприкасались с окружающим воздухом. Транзистор прижимается к теплоотводу специальным накидным фланцем. Для улучшения теплового контакта (теплопередачи) от корпуса транзистора к теплоотводу соприкасающиеся поверхности смазываются обычно невысыхающим маслом, например вазелином. Здесь нужно учитывать, что теплоотвод имеет электрический контакт с корпусом транзистора, соединенным с выводом коллектора. Поэтому при установке теплоотвода в конкретной ситуации следует исключить возможность электрического контакта дополнительного теплоотвода с проводниками и деталями, находящимися под напряжением относительно корпуса транзистора. Особенно внимательно нужно отнестись к проводникам, несущим положительное напряжение питания.

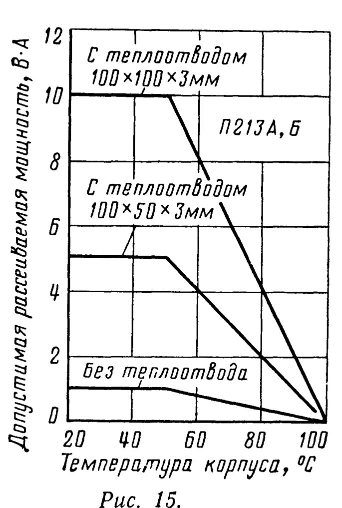


Рис. 15.

На рис. 16 указаны размеры простейшего теплоотвода для рассеиваемой мощности до 5 В·А. Размеры теплоотвода для рассеиваемой мощности до 10 В·А даны в скобках На рис. 17, *а* приведено фото параметрического стабилизатора напряжения, схема которого приведена на рис. 11, а на рис 17, *б* — компенсационного стабилизатора напряжения, собран-

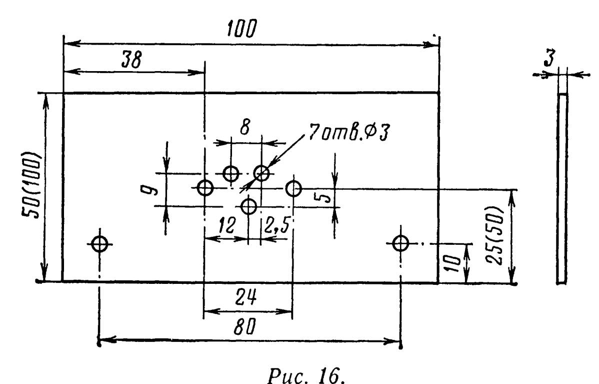


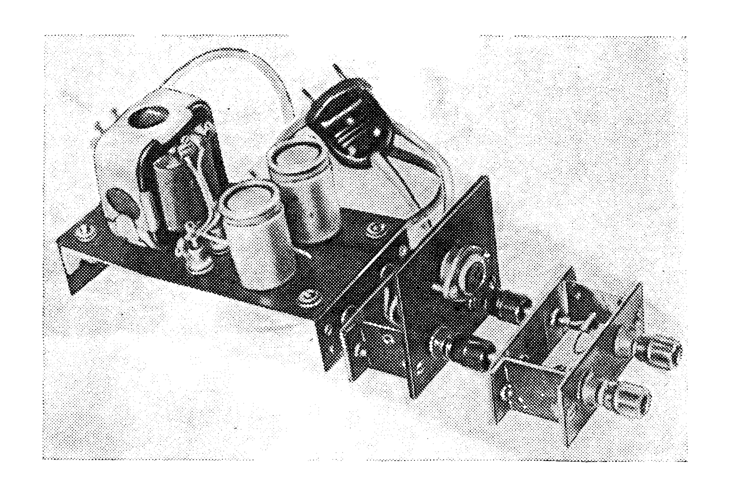
Рис. 16.

ного по схеме на рис. 12. Особенность конструкции последнего является то, что теплоотвод для транзистора T_1 является одновременно передней панелью стабилизатора Оба стабилизатора снабжены двухконтактными штыревыми разъемами, подходящими для включения в выходные зажимы выпрямителя по схеме на рис. 7 на

трансформаторе типа ТВК-110ЛМ-К, конструкция которого показана на рис. 9.

Необходимо помнить, что большинство транзисторных стабилизаторов напряжения являются весьма чувствительными к короткому замыканию на выходе. Поэтому при работе с ними следует избегать выходных токов, превышающих более чем в 2 раза максимально допустимый.

Зарядные устройства. Радиолюбители (и не только начинающие) порой допускают ошибку, пытаясь произвести подзарядку аккуму-



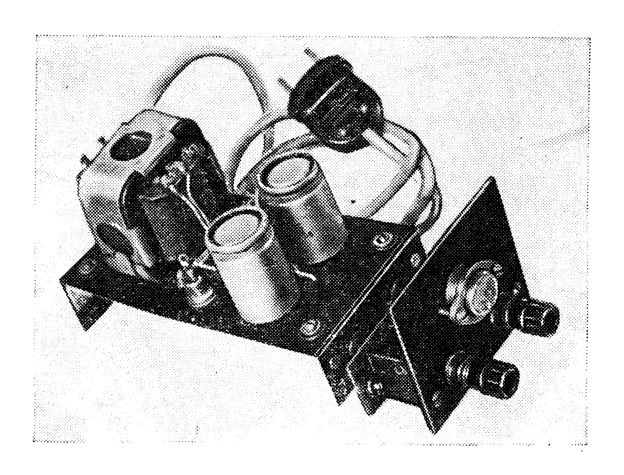


Рис. 17.

ляторных батарей или гальванических элементов и батарей путем подключения их непосредственно к выходу низковольтного выпрямителя или стабилизатора напряжения. При этом нередко происходят нарушение герметизации элементов батарей, вытекание электролита и практический выход батарей из строя. Основная причина этого состоит в том, что аккумуляторы и гальванические элементы должны заряжаться постоянным по величине током, а не напряжением. Рекомендуемые значения зарядных токов для распространенных типов аккумуляторных батарей и элементов были приведены в табл. 6.

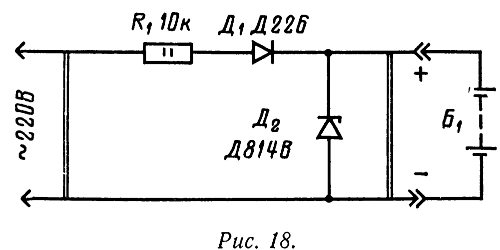


Рис. 18.

В принципе зарядку и подзарядку можно производить от источников постоянного напряжения, если между выходом источника и батареей включен токоограничительный резистор.

В качестве примера на рис. 18 приведена принципиальная схема простейшего устройства для заряда элементов типа Д-0,1 и батареи 7Д-0,1 от сети переменного тока напряжением 220 В. Основу зарядного устройства составляют диод $Д_1$ типа Д226, осуществляющий однополупериодное выпрямление переменного напряжения, и токоограничительный резистор R_1 типа МЛТ-2 на 10 кОм. Устройство соединяется с сетью 220 В при помощи обычной двухполюсной сетевой вилки, а батарея подключается для зарядки через контактную пару от старой батареи «Крона-ВЦ».

Особенностью схемы, показанной на рис. 18, по сравнению со схемами зарядных устройств для приемников «Сокол», «Селга» и др. является наличие стабилитрона $Д_2$ типа Д814В на напряжение около 10,5 В. Он введен по следующим причинам. Во-первых, при касании рукой выходных контактов зарядного устройства при отключенной батарее будет действовать напряжение, равное 10,5 В, а не 220 В. Это, конечно, значительно повышает безопасность эксплуатации зарядного устройства в бытовых условиях. Во-вторых, к моменту окончания заряда батареи (в среднем через 15 ч) напряжение на ней достигнет напряжения пробоя стабилитрона типа Д814В, вследствие чего зарядный ток батареи значительно уменьшится и ток, ограниченный резистором R_1, будет поступать в цепь стабилитрона. Это очень важно с точки зрения продления срока службы аккумулятора, так как заряд его в течение времени, большего, чем рекомендуемое, приводит к преждевременному выходу из строя аккумуляторных батарей, а это при заряде постоянным током вполне возможно в случае несвоевременного окончания процесса зарядки, например по забывчивости.

В принципе подзарядку гальванических элементов и батарей можно производить от зарядного устройства для аккумуляторов, но вре-

мя заряда составит несколько суток (для 373). Значительно лучшие результаты получаются при использовании специального зарядного устройства для восстановления частично разряженных элементов и батарей (3336Л или трех, включенных последовательно элементов 373 или 343). Принципиальная схема такого устройства приведена на рис. 19. Основой его является понижающий трансформатор типа ТВК-70, во вторичной обмотке которого включены выпря-

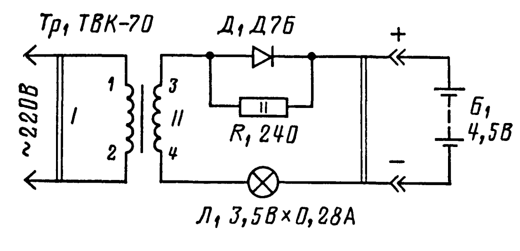


Рис. 19.

мительный диод $Д_1$ типа Д7Б и индикатор зарядного тока, в качестве которого используется лампочка накаливания от карманного фонаря $Л_1$ на 3,5 В×0,28 А. Дополнительный резистор R_1, шунтирующий диод $Д_1$, предназначен для пропускания обратной полуволны (полупериода), что необходимо для увеличения емкости батареи. Заряд батарей 3336, разряженных до напряжения не ниже 2,3 В, производится в течение 12—15 ч, с тем чтобы сообщить батареям заряд, составляющий 140—160% первоначальной емкости. Лампочка накаливания $Л_1$ в начале заряда должна светиться полным накалом, а в конце — едва заметно.

Для подзарядки можно использовать также элементы типа 343 или 373, включив их последовательно по три штуки. Для подзаряда следует отобрать только те батареи и элементы, у которых отсутствует эрозия металлических стаканов, не вытек электролит, а напряжение каждого элемента — не менее 0,8 В. Время заряда трех элементов 343—12 ч, 373 — двое суток.

Следует иметь в виду, что наибольшее число циклов заряд-разряд выдерживают только те гальванические и аккумуляторные элементы и батареи, которые не имеют глубокого разряда и не хранились долго в разряженном состоянии. Например, батареи типа 7Д-0,1 в полностью заряженном состоянии могут храниться в течение нескольких лет, тогда как после полного разряда они могут выходить полностью из строя, пролежав в разряженном состоянии всего месяц. Последнее объясняется необратимыми химическими процессами, происходящими в разряженных элементах. Гальванические элементы, разряд которых близок к полному, подвержены быстрой эрозии металлического стакана и вытеканию электролита Вследствие разброса параметров отдельных элементов выход из строя батареи гальванических элементов возможен также при окончательном разряде всего одного элемента Поэтому при подзарядке гальванических элементов нужно удалять те из них, которые полностью разряжены и имеют внешние дефекты.

ТРАНЗИСТОРНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЕЛЬСКОГО КЛУБА

Хорошо известно, какую большую положительную роль играет сельский клуб в культурной и воспитательной работе среди сельских тружеников. Сельские клубы активно участвуют в проведении различных политических кампаний, например выборов в Советы, а также в посевных и уборочных кампаниях. В больших селах и на центральных усадьбах клубы обычно имеют зрительные залы на сотни мест, хорошо оборудованы кинопроекционной и звукоусилительной аппаратурой, имеют штаты обслуживающего персонала, в том числе радистов и электриков, и по мере поднятия уровня и рентабельности сельскохозяйственного производства таких клубов на селе становится все больше.

В то же время в небольших населенных пунктах, в удаленных бригадах, на отдельных фермах и в ремонтно-механических мастерских имеются либо небольшие клубы, либо только красные уголки, располагающие ограниченными техническими средствами. Штат обслуживающего персонала здесь мал, а порой он работает на общественных началах. Именно в таких небольших клубах и красных уголках руками сельских радиолюбителей могут быть сделаны различные несложные радиоэлектронные конструкции на транзисторах, которые могут расширить возможности удовлетворения культурных потребностей сельских тружеников, повысить эффективность устной пропаганды. Описания таких конструкций приведены в настоящей главе.

При написании данной главы были учтены огромные перемены, происшедшие на селе за последние годы. Так, если каких-нибудь 10—20 лет назад речь шла об изготовлении сельскими радиолюбителями простейших приемников, в том числе детекторных, для решения задачи радиофикации села, то теперь почти в каждом сельском доме есть сетевой или батарейный приемник, проведена радиотрансляция. Обычными на селе стали телевизоры. Поэтому главное внимание в книге уделено тому, как наилучшим образом использовать возможности уже имеющихся на селе приемников, магнитофонов, электрофонов широкого потребления.

В связи со сказанным основное внимание в данной главе отводится описанию простых дополнительных усилителей низкой частоты с питанием от автономных источников (батарей) и от сети, позволяющих увеличить выходную мощность электроакустических установок до 8 или даже 20 В·А, а также акустическим установкам (громкоговорителям), способным эффективно преобразовать эту мощность в акустические колебания с малыми искажениями.

Большое внимание уделено несложным устройствам для сельской эстрады. Это разного рода трюковые усилители и приставки для электрических гитар. Кроме того, описывается конструкция светомузыкальных устройств, предназначенных для улучшения эстетического оформления фойе клубов и расширения возможностей звукоусилительной аппаратуры.

Дополнительные усилители низкой частоты

Те, кому довелось участвовать в уборке урожая, знают как приятно в минуты обеденного перерыва или в ненастье послушать музыкальную радиопередачу, последние известия. Обычно для этой цели комбайнеры, трактористы, водители грузовых автомашин и их

помощники используют простые транзисторные приемники III и IV классов, но из-за малой выходной мощности (до 200—300 мА·В), а также невысокого качества звучания этих приемников прослушивание музыкальных программ на открытом воздухе, в поле не доставляет большого удовольствия В полевых условиях для качественного воспроизведения музыкальных программ или звукозаписей на магнитофоне требуются выходная мощность не менее 2—4 В·А и применение более качественного громкоговорителя. Этого можно достичь с помощью дополнительного усилителя низкой частоты с автономным питанием и высококачественного громкоговорителя. Подключив вход дополнительного усилителя мощности низкой частоты непосредственно к звуковой катушке громкоговорителя основного приемника, можно обеспечить требуемое качество и громкость звучания.

Здесь описывается устройство, изготовление и налаживание простого усилителя низкой частоты, питание которого может осуществляться от самых различных источников постоянного напряжения, включая гальванические элементы и батареи на 12—24 В, а выходная мощность в зависимости от источника питания и сопротивления дополнительного громкоговорителя может составлять от 1 до 12 В·А.

Дополнительный усилитель мощности на 12 В·А. Принципиальная схема дополнительного усилителя низкой частоты мощностью до 12 В·А. приведена на рис. 20. Усилитель выполнен на четырех транзисторах по распространенной так называемой бестрансформа-

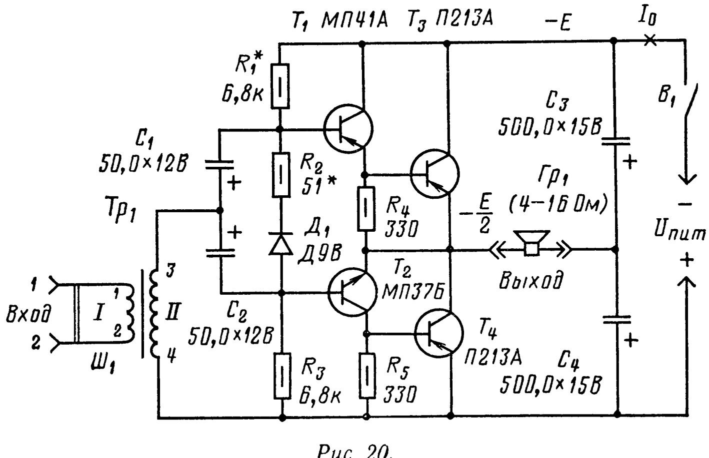


Рис. 20.

торной схеме. Но описываемая схема оправдывает такое название лишь наполовину. Действительно, выход усилителя — бестрансформаторный, т е. громкоговоритель $Гр_1$ включен непосредственно между выходом усилителя и общей точкой электрических конденсаторов C_3 и C_4. Начальное напряжение смещения на базы транзисторов T_1 и T_2 подается с помощью делителя напряжения на резисторах R_1 и R_3, а стабилизация напряжения смещения на базах транзисторов T_1 и T_2 обеспечивается последовательно соединенными диодом $Д_1$ и

резистором R_2. Переменное напряжение на вход усилителя подается со вторичной обмотки повышающего трансформатора Tp_1 через два разделительных электролитических конденсатора C_1, C_2. Первичная обмотка трансформатора Tp_1 подключена к унифицированному разъему типа СГ-3 и через него — непосредственно к звуковой катушке того приемника или магнитофона, с которым предполагается использовать данный усилитель.

У читателя может возникнуть вопрос: а зачем бестрансформаторному усилителю трансформатор? Ведь работают без него многие другие подобные усилители!

Все дело в том, что для получения от такого усилителя возможно более высокой выходной мощности необходимо, чтобы амплитуда напряжения сигнала на его входе (конкретно — на базах транзисторов T_1 и T_2) должна составлять не менее 70% напряжения источника питания. Обычно усилительные каскады с резистивной нагрузкой могут обеспечить неискаженную амплитуду сигнала, которая составляет всего 35—40% напряжения питания, и дальнейшее увеличение амплитуды сигнала связано с заметным ростом искажений, для ослабления которых приходится идти на значительное усложнение схемы усилителя. В данном случае вместо предварительных каскадов с резистивной связью использован самый обыкновенный выходной трансформатор от лампового приемника II или III класса, но включенный наоборот: первичная обмотка, содержащая около 2000 витков, становится вторичной, а вторичная, содержащая около 120 витков — первичной. Таким образом трансформатор Tp_1 из понижающего стал повышающим с коэффициентом трансформации 1:17. Это значит, что если на разъем СГ-3 усилителя подать напряжение сигнала в 1 В, то напряжение сигнала на базах транзисторов T_1 и T_2 будет в 17 раз больше, т. е. 17 В.

Основными достоинствами применения повышающего трансформатора на входе бестрансформаторного усилителя являются простота его конструкции, дешевизна и постоянство коэффициента трансформации, который не зависит ни от напряжения питания, ни от температуры, как у транзисторных каскадов. Правда, известно, что трансформаторы обычно ослабляют самые низкие и самые высокие частоты сигнала, но в данном случае это явление проявляется в слабой форме и объясняется это тем, что вторичная обмотка трансформатора Tp_1 сильно шунтируется относительно низким входным сопротивлением усилителя, с одной стороны, и трансформированным во вторичную обмотку низким сопротивлением звуковой катушки громкоговорителя приемника — с другой. В результате этого частотная характеристика усилителя с трансформатором в целом оказывается не хуже, чем у полностью бестрансформаторного усилителя низкой частоты, вплоть до 10—12 кГц.

Основные характеристики усилителя определяются напряжением источника питания и сопротивлением нагрузки, т. е. входным сопротивлением дополнительного громкоговорителя. Благодаря применению наиболее простой и надежной схемы усилителя и использованию входного повышающего трансформатора дополнительный усилитель может нормально работать при изменении напряжения питания от 6 до 26 В без каких-либо перепаек или переключений При этом в зависимости от сопротивления нагрузки, т. е. от типа, числа и способа совместного включения динамических головок, будут меняться в значительных пределах максимальная выходная мощность, потребляемый ток и мощность, рассеиваемая оконечными транзисторами

T_3 и T_4. Расчет этих характеристик в общем случае сложен, поэтому на рис. 21—23 приведены уже готовые результаты расчетов этих параметров для наиболее распространенных сопротивлений нагрузки (4, 8 и 16 Ом) при напряжении источника питания до 32 В. Графики построены с учетом того, что в оконечном каскаде применяются транзисторы типа П213 или П214 с любым последующим буквенным индексом. Выбор транзисторов этих типов обусловлен их доступностью при относительно больших энергетических возможностях.

Как видно из рис. 21, максимальная выходная мощность усилителя повышается с уменьшением сопротивления нагрузки и повышением напряжения питания. С точки зрения уменьшения потребляемого тока I_0 (рис. 22) и рассеиваемой транзисторами мощности

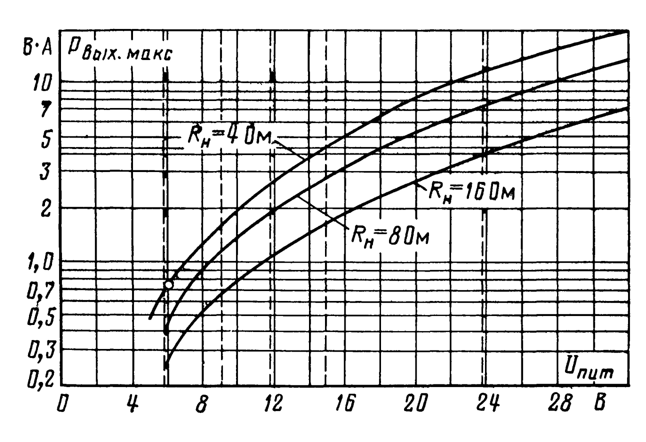


Рис. 21.

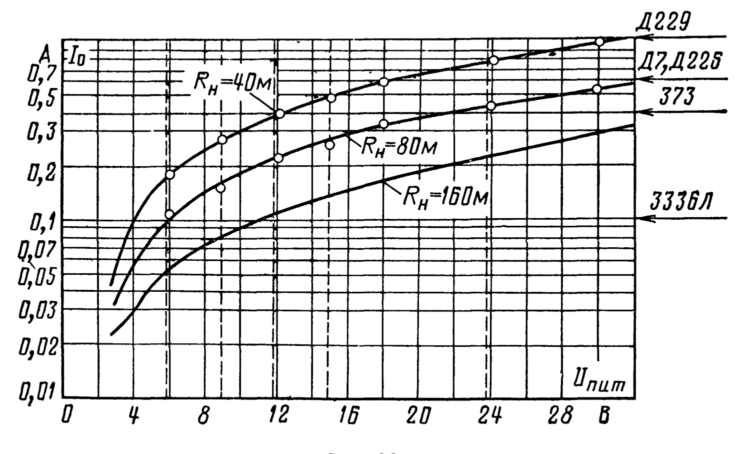


Рис. 22.

$P_{рас}$ (рис. 23) целесообразно при выбранном напряжении питания увеличивать сопротивление нагрузки. Поэтому, если требуется получить максимально возможную выходную мощность, то необходимо нагружать выход усилителя на громкоговоритель с выходным сопротивлением 4 Ом, тогда как при необходимости экономно расходовать энергию батарей следует нагружать громкоговорителем с выходным сопротивлением 16 Ом. Громкоговоритель на 8 Ом занимает промежуточное положение между этими двумя случаями.

Конкретный выбор сопротивления нагрузки определяется напряжением питания и максимальным допустимым током разряда автономного источника питания (гальванической или аккумуляторной батареи) либо низковольтного выпрямителя (типа трансформатора и

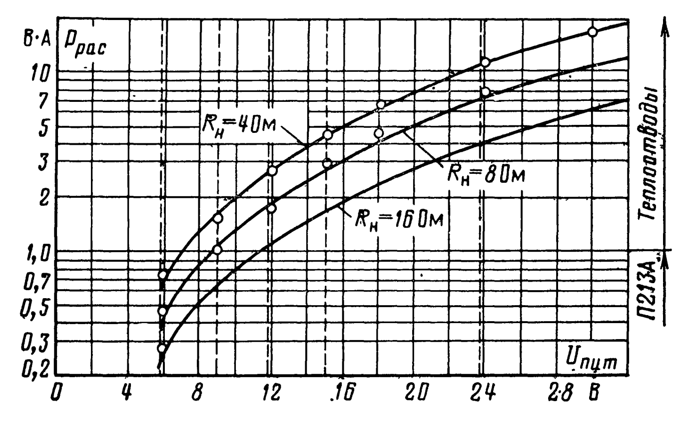


Рис. 23.

выпрямительных диодов). Наиболее распространенные в любительской практике значения начального напряжения батарей обозначены на рис. 21—23 вертикальными пунктирными линиями. Максимальные допустимые значения тока гальванических элементов и батарей (373, 3336Л) и выпрямительных диодов (Д7, Д226, Д229) указаны на рис. 22. Распределение рассеиваемой мощности между транзисторами и дополнительными теплоотводами к ним приведено на рис. 23. В общем случае потребляемые токи могут быть несколько превышены, но тогда сократится срок службы батарей и выпрямительных диодов.

Как видно из рис. 22, элементы 373 позволяют усилителю работать при напряжении питания до 30 В и сопротивлении нагрузки 16 Ом При этом согласно данным на рис. 21 максимальная выходная мощность может достигать 8 В·А. В этом случае батарея питания должна состоять из 20 элементов 373. Если сопротивление нагрузки уменьшить до 8 Ом, то батарея из 10 элементов 373 общим напряжением 15 В сможет обеспечить максимальную выходную мощность приблизительно 3 В·А. В то же время выпрямитель на диодах типа Д226 или Д7 способен обеспечить нормальную работу усилителя при напряжении питания 30 В и сопротивлении нагрузки

8 Ом, на которой может быть выделена мощность сигнала в 12 В·А. Выпрямитель на диодах типа Д229 способен при том же напряжении питания обеспечить работу усилителя с нагрузкой сопротивлением 4 Ом и выходной мощностью до 20 В·А. Если же допустить работу усилителя в полевых условиях от автомобильных аккумуляторов напряжением 12 В или 24 В, то тогда при сопротивлении нагрузки 4 Ом в первом случае можно получить выходную мощность до 2,6 В·А, во втором — до 12 В·А.

Особо следует сказать о тепловой мощности, рассеиваемой оконечными транзисторами T_3 и T_4. Каждый из этих транзисторов (П213 и П214) при комнатной температуре допускает рассеивание до 1 Вт, а в паре — до 2 Вт, но для обеспечения надежной и длительной работы усилителя мощность, рассеиваемая двумя транзисторами, не должна превышать половины допустимой, т. е. 1 Вт. Вся остальная мощность должна быть рассеяна дополнительными теплоотводами. Поверхность теплоотвода под транзистором должна быть по возможности наиболее ровной и предварительно смазанной тонким слоем вазелина. Накидной фланец должен плотно прижимать транзистор к поверхности теплоотвода, а выводы базы и эмиттера транзистора должны быть изолированы от него. Кроме того, сами теплоотводы, имеющие электрический контакт, через корпус транзистора с его коллектором, должны быть надежно изолированы от других проводников и соединений.

Конструктивно усилитель выполняется в виде отдельного блока. Основой его является печатная монтажная плата, выполненная по рис. 24. Плата изготовляется из фольгированного текстолита или гетинакса толщиной 2—3 мм. Можно выполнить плату по тому же чертежу и без печатного монтажа — на монтажных пистонах или стойках, сохранив расположение зачерненных точек соединений. Монтажная плата рассчитана на установку электролитических конденсаторов типа К50-3А, но можно применять также конденсаторы типа К50-6. Размеры установочных отверстий указаны применитель-

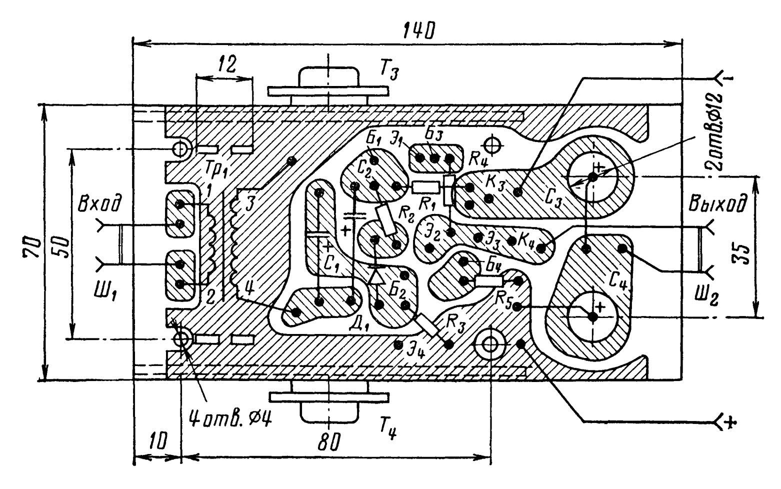


Рис. 24.

но к трансформатору Tp_1 от приемника «Рекорд-353». Теплоотводы устанавливаются с помощью дополнительных угольников на винтах с резьбой М3. Для удобства эксплуатации в усилителях установлены унифицированные входной и выходной разъемы типа СГ-3. Внешний вид собранного усилителя с двумя батареями по восемь элементов 373 каждая показан на рис. 25.

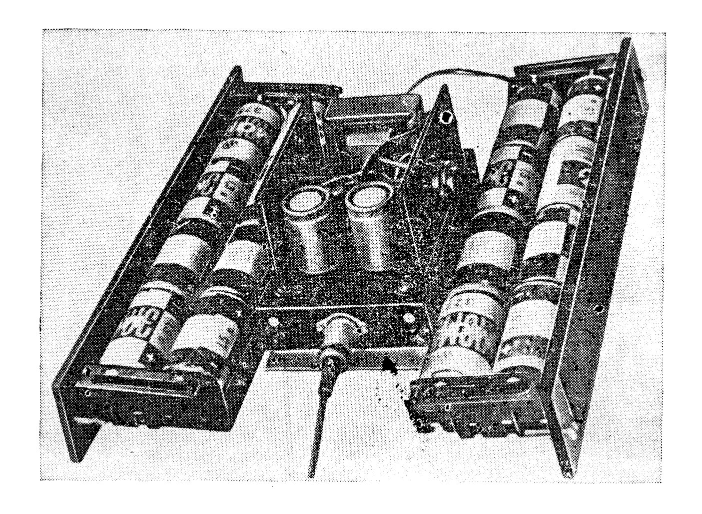


Рис. 25.

Налаживание и эксплуатация. Налаживание начинается с тщательной проверки правильности монтажа и устранения всех замеченных ошибок и неисправностей Затем подключается источник питания напряжением 12 В, состоящий, например, из восьми элементов 373. Потребляемый ток должен составлять 15—20 мА. Измерение потребляемого тока производится с помощью миллиамперметра со шкалой 0—500 мА или универсального измерительного прибора — авометра типа Ц-20 или ему подобного. Ток измеряется в месте разрыва цепи питания, обозначенном на рис. 20 крестом и индексом I_0. О том, как устроен авометр, как с его помощью измерять постоянные и переменные токи и напряжения, рассказывается в конце книги.

Если потребляемый ток при отсутствии сигнала отличается от указанного выше предела более чем на ±5 мА, то тогда необходимо заменить резистор R_2 другим, с иным номиналом. При этом, чем больше сопротивление резистора R_2, тем больше ток покоя усилителя, и наоборот. Может оказаться и так, что придется вовсе исключить резистор R_2, но нужно помнить, что все перепайки в усилителе и других транзисторных конструкциях можно производить только при отключенном питании.

После проверки и в случае необходимости корректировки режимов работы оконечных транзисторов проверяется напряжение пита-

ния на эмиттере транзистора T_3 и коллекторе транзистора T_4. Для обеспечения максимальной возможной выходной мощности усилителя необходимо, чтобы это напряжение было равно половине напряжения источника питания. В данном случае оно равно 6 В Допускается отклонение от этого значения до 5%, т. е. до ±0,3 В. Усилитель будет работать и при больших отклонениях, но искажения сигнала, заметные на слух, будут наблюдаться при меньшей выходной мощности. Поэтому, если отклонения больше допустимого значения, рекомендуется выключить питание и заменить резистор R_1 другим, с иным номиналом При этом следует ориентироваться на то, что постоянное напряжение на эмиттере транзистора T_3, измеренное относительно положительного полюса батареи питания, возрастает с уменьшением сопротивления резистора R_1, и наоборот. Практика показывает, что подбор номиналов резисторов R_1 и R_2 необходим лишь тогда, когда коэффициенты передачи тока $h_{21Э}$ транзисторов T_3 и T_4 различаются между собой более чем в 3 раза. Транзисторы с $h_{21Э}=20\div60$ такого подбора практически не требуют.

Описанные выше операции сводятся к измерению постоянных токов и напряжений при отсутствии сигнала и поэтому могут производиться при отключенном громкоговорителе. Качество работы усилителя проверяется при подключении входа усилителя к выходу источника электрического сигнала через разъем $Ш_1$ и выхода усилителя ко входу громкоговорителя через разъем $Ш_2$. Соединительные кабели могут быть длиной до 2—3 м и должны иметь на конце ответные разъемы типа СШ-3 под гнездо СГ-3. Входной кабель желательно иметь с металлическим экраном.

Сначала включается основной приемник или магнитофон, регуляторы громкости и тембра его ставятся в среднее положение, после чего включается питание дополнительного усилителя. Обычно усилитель сразу начинает работать чисто, с большой громкостью. В первую очередь необходимо убедиться, что качество звучания не ухудшается при регулировке громкости от нуля до максимума, а также в том, что максимальный потребляемый ток не превосходит значения, указанного на рис. 22 для выбранных напряжений питания и сопротивления нагрузки. Если потребляемый ток значительно меньше или больше либо воспроизведение звука сопровождается большими искажениями, то тогда необходимо проверить напряжение на эмиттере транзистора T_3 во время работы усилителя. Оно должно оставаться практически постоянным, равным половине напряжения источника питания Допускается лишь небольшое уменьшение этого напряжения при работе с максимальным сигналом, когда происходит снижение выходного напряжения батареи.

Качество работы дополнительного усилителя во многом зависит от идентичности выходных характеристик оконечного транзистора и качества громкоговорителя. Для уменьшения искажений, вносимых собственно усилителем, желательно подобрать транзисторы T_3 и T_4 с близкими выходными характеристиками. Как это сделать при помощи простого испытателя транзисторов средней и большой мощности, описано в последнем параграфе книги. Для получения хорошего качества звучания громкоговорителя необходимо подобрать тип динамических головок, их количество и разместить головки в корпусе определенных размеров.

Эксплуатация дополнительного усилителя несложна. Необходимо лишь обеспечить требуемое напряжение питания. Усилитель, на-

лаженный при напряжении питания 12 В, сохраняет свою работоспособность при снижении напряжения питания до 6 В и повышении до 24 В практически без перепайки резисторов. В полевых условиях лучше всего питать усилитель от двух батарей, собранных каждая из восьми элементов 373, т. е. имеющих начальное напряжение по 12 Б каждая. Тогда, заменив однополюсный выключатель B_1 переключателем на три положения и два направления, можно осуществлять коммутацию батарей в соответствии со схемой их включения, приведенной на рис. 26.

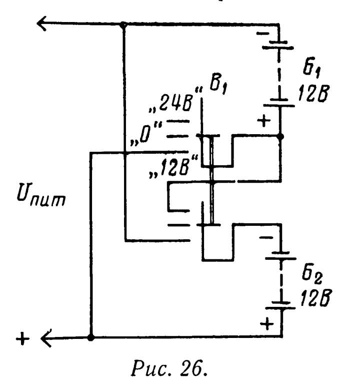


Рис. 26.

Исходное положение переключателя B_1 — среднее, при этом батареи отключены от усилителя Оно обозначено знаком «О». В другом положении — «12 В» обе батареи включаются параллельно друг другу, при этом напряжение питания равно среднему значению напряжения батарей, т. е. около 12 В. В положении «24 В» обе батареи соединяются между собой последовательно. В результате этого общее напряжение питания становится равным сумме напряжений обеих батарей, т е. 24 В.

Такое соединение батарей позволяет эффективно использовать энергетические возможности источника питания и усилителя. Покажем это на характерных примерах. Пусть батареи свежие, сопротивление нагрузки (громкоговорителя) равно 8 Ом, тогда, соединив батареи последовательно, согласно данным на рис. 21 и 22 можно получить максимальную выходную мощность до 8 В·А, а потребляемый ток при этом не будет превышать 400 мА. Если же сопротивление нагрузки мало (4 Ом) либо батареи старые, то целесообразно соединить батареи параллельно, получив общее напряжение питания около 12 В, тогда при сопротивлении нагрузки 4 Ом можно получить выходную мощность до 2,5 В·А и потребляемый ток будет не более 370 мА.

Для размещения элементов батарей лучше всего подходят кассеты блока питания переносного приемника «Рига-103» (рис. 25), а в качестве переключателя B_1 применим двухполюсный тумблер с нейтральным положением типа ТШ-1.

Описанный дополнительный усилитель можно эффективно эксплуатировать и в стационарных условиях, питая его от выпрямителя по схеме на рис 7, выполненного на трансформаторе типа ТВК-110-Л-1 и диодах типа Д229 или Д242 с любыми буквенными индексами. Емкость фильтрующего конденсатора выпрямителя должна быть не менее 1000 мкФ, а его рабочее напряжение — не менее 30 В, при этом максимальная выходная мощность усилителя может достигать практически 12 В·А Если предполагается длительная эксплуатация усилителя в стационарных условиях, то тогда желательно применить для транзисторов T_3 и T_4 дополнительные теплоотводы больших размеров (100×100×3 мм).

Особенностью описанного дополнительного усилителя является относительно небольшая мощность, потребляемая его входной цепью

от источника сигнала В среднем она в 50—100 раз меньше максимальной выходной мощности усилителя. Это значит, что для получения максимальной выходной мощности в 12 В·А мощность сигнала, подводимого ко входу усилителя, т. е. снимаемая со звуковой катушки основного приемника, составит не более 240 мВ·А. Такую мощность могут обеспечить практически все переносные транзисторные приемники и магнитофоны. С целью устранения дополнительных потерь мощности исходного сигнала и улучшения качества звучания рекомендуется отключать громкоговоритель основного приемника или магнитофона. В ряде современных конструкций это делается автоматически

Простота устройства дополнительного усилителя низкой частоты на 12 В·А не позволяет получить от него очень высокого качества звучания Например, полоса эффективно пропускаемых им частот составляет от 60 до 10 000 Гц, тогда как для высококачественного звучания требуется полоса частот от 40 Гц до 16 кГц К сожалению, расширить полосу пропускания данного усилителя не представляется возможным по двум причинам во-первых, нижняя граница полосы пропускания ограничена возможностями входного трансформатора, во-вторых, верхняя граница обусловлена ограниченными частотными свойствами транзисторов типа П213 и П214. Последний недостаток можно устранить путем замены транзисторов П213 на более высокочастотные, например ГТ703 или ГТ806.

Практика показывает, что в ряде случаев, например при усилении сигнала электропроигрывателя или электрофона (на танцевальных вечерах), можно не стремиться к воспроизведению частот выше 10 кГц, но при этом необходимо расширить полосу пропускания в сторону самых низких частот, а также поднять усиление частот ниже 1 кГц в среднем в 2—4 раза, т. е. на 3—6 дБ. Выходная мощность усилителя при этом должна быть не менее 20 В·А. Усилитель, обладающий такими характеристиками, способен при совместной работе с качественным громкоговорителем обеспечить хорошее воспроизведение современных ритмичных танцевальных мелодий, сольного сопровождения ударных инструментов Такими свойствами обладает описываемый далее усилитель на 24 В·А.

Дополнительный усилитель мощности низкой частоты до 24 В·А. На рис 27 приведена принципиальная схема дополнительного усилителя мощности низкой частоты до 24 В·А, собранного всего на двух транзисторах типа П213А, при этом для получения максимальной выходной мощности от источника сигнала потребляется не более 0,5 В·А Мощность, потребляемая от сети переменного тока напряжением 220 В, — около 40 В·А. Сопротивление громкоговорителя равно 8 Ом.

Дополнительный усилитель по схеме на рис. 27 выполнен по схеме с трансформаторным входом и бестрансформаторным выходом, причем транзисторы T_1 и T_2 по постоянному току включены последовательно, а по переменному — параллельно. Именно так были соединены оконечные транзисторы ранее рассмотренного усилителя. Подобное включение очень выгодно, так как один и тот же постоянный ток сначала проходит через транзистор T_2, а затем через T_1. Хотя здесь требуется вдвое большее напряжение питания, на практике это обеспечить куда проще, чем удвоение выпрямленного тока. Но по переменному току транзисторы данного усилителя в отличие от ранее описанного (см. схему на рис. 20) включены по схеме с общим эмиттером, а не как эмиттерные повторители. Как

известно, каскады, собранные по схеме с общим эмиттером, дают наибольшее усиление мощности сигнала. В данном случае транзисторы T_1 и T_2 дают примерно такое же усиление мощности сигнала, как и все четыре транзистора в схеме на рис. 20. Правда, при этом

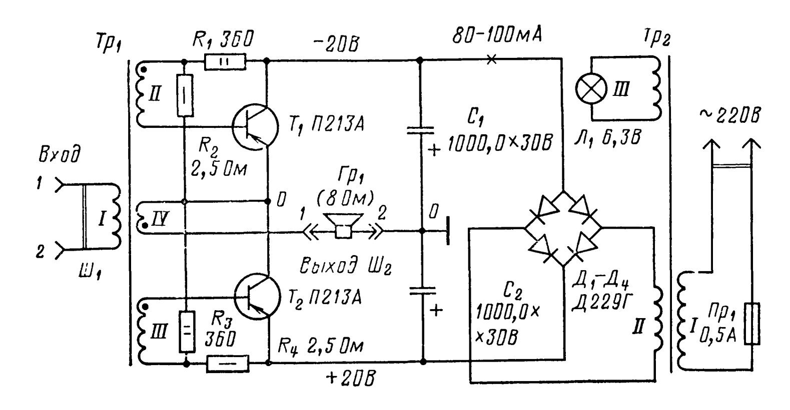


Рис. 27.

значительно возрастают требования к идентичности выходных характеристик применяемых транзисторов. Если раньше мы могли допустить почти трехкратный разброс по $h_{21э}$, то теперь он не должен превышать 10%.

Следует обратить внимание на то, что входной трансформатор содержит не две, как раньше, а четыре обмотки, причем на рис. 27 показано правильное распределение выводов этих обмоток. Если в предшествующей схеме порядок включения обмоток входного трансформатора не имел значения, то здесь для обмоток *II* и *III* классов это играет большую роль. Объясняется это тем, что обмотки *II* и *III* предназначены для подачи на базы транзисторов T_1 и T_2 двух равных по амплитуде, но противоположных по знаку напряжений входного сигала. Обе эти обмотки содержат равное число витков, намотаны одним и тем же проводом в одном направлении, но их начала (обозначенные на рис. 27 точками) подключаются к разноименным точкам схемы: начало обмотки *II* — к точке соединения резисторов R_1 и R_2, создающих начальное смещение на базе транзистора T_1, а начало обмотки *III* — к базе транзистора T_2. Концы этих обмоток подключены в обратной последовательности.

Другой особенностью усилителя является то, что громкоговоритель $Гр_1$ включен между средней точкой конденсаторов C_1 и C_2, с эмиттером транзистора T_1 и коллектором транзистора T_2 через дополнительную обмотку IV трансформатора $Тр_1$. Катушка *IV*, по которой протекает выходной переменный ток усилителя, создает в обмотках II и III напряжение отрицательной обратной связи, причем оно уменьшается с понижением частоты сигнала, начиная примерно с 1 кГц. Такая неравномерность напряжения обратной связи приводит к некоторому ослаблению усиления средних и высоких

частот по сравнению с нижними. Оказывается, что при выбранном соотношении числа витков обмоток трансформатора $Тр_1$ и сопротивлении нагрузки, равном 8 Ом, усиление на частоте 150 Гц оказывается в 4 раза больше, чем на частоте 1 кГц. Этот подъем наблюдается примерно с частоты 1 кГц и достигает своего максимума на частоте 100 Гц. В результате подъема, а также применения трансформатора $Тр_1$ с относительно большим сердечником удается расширить полосу пропускания усилителя на нижних частотах до 40 Гц.

Остальные элементы усилителя уже знакомы читателю: понижающий трансформатор $Тр_2$, двухполупериодный выпрямитель на диодах $Д_1$—$Д_4$ типа Д229Г, способных выдерживать ток до 1 А, и два электролитических конденсатора C_1, C_2, являющихся одновременно конденсаторами сглаживающего фильтра выпрямителя, а также переходными конденсаторами выходной цепи усилителя. Такое использование двух электролитических конденсаторов позволяет значительно уменьшить влияние пульсаций выпрямленного напряжения на работу усилителя. Дальнейшее улучшение качества работы усилителя можно получить, удвоив емкость конденсаторов C_1 и C_2 по сравнению с указанной на рис. 27.

Как видно из рис. 27, трансформатор $Тр_2$ имеет обмотку *III*, нагруженную на сигнальную лампу накаливания 6,3 В×0,28 А. Конечно, будет значительно полезней вместо сигнальной лампы, указывающей на то, что усилитель включен в сеть, использовать вольтметр постоянного тока со шкалой 0—50 В, подключенный между положительным и отрицательным полюсами выпрямителя. Показания вольтметра позволят оценить реальное напряжение питания усилителя и исходя из этого определить его максимальную выходную мощность. Указанная в названии усилителя мощность в 24 В·А обеспечивается при нагрузке 8 Ом и напряжении питания 40 В, которое складывается из двух равных и противоположных по знаку напряжений, накапливаемых конденсаторами C_1 и C_2. При отсутствии сигнала напряжение питания на коллекторе транзистора T_1 должно быть равно —20 В, а на эмиттере T_2 + 20 В. Постоянное напряжение на общей точке транзисторов T_1 и T_2 должно быть равно нулю.

Детали и конструкция. В случае необходимости транзисторы типа П214Б могут быть заменены более доступными транзисторами типа П213Б. Применение транзисторов типа П215—П216 возможно, но приводит к сужению полосы пропускания усилителя со стороны высших частот до 6—8 кГц. Во всех случаях обязательным является подбор идентичных пар транзисторов. Как это делается, описано в последнем параграфе книги.

Диоды типа Д229Г можно заменить на Д242А с любым буквенным индексом. Выходная мощность от такой замены не уменьшится. Если таких диодов не удастся приобрести, то тогда можно использовать более доступные диоды типа Д7 или Д226 также с любыми буквенными индексами, но при этом придется одновременно увеличить сопротивление громкоговорителя вдвое — до 16 Ом. Естественно, что это приведет к снижению максимальной выходной мощности усилителя до 15 В·А.

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ — самодельные. Для изготовления первого потребуются каркас и сердечник от стандартного выходного трансформатора кадровой развертки телевизора типа ТВК-70. Обмотки I—III содержат каждая по 130 витков провода ПЭВ-1 или

ПЭЛШО 0,41—0,51. Обмотка IV содержит всего восемь витков провода ПЭВ-1 или ПЭЛШО диаметром 0,8 мм. Для $Тр_1$ возможно также использование сердечников с каркасом от выходных трансформаторов усилителей низкой частоты вещательных и телевизионных приемников II класса.

Трансформатор $Тр_2$ имеет сердечник Ш30×30, а его обмотки содержат: I — 1050 витков провода ПЭВ-1 0,35; II — 128 витков провода ПЭВ-2 0,8; III — 23 витка провода ПЭВ-2 0,35. Все обмотки изолируются друг от друга двумя-тремя слоями лакоткани. Кроме того, поверх сетевой обмотки размещается кольцо из плотной изолирующей бумаги, исключающее попадание витков низковольтных обмоток в сетевую. В случае необходимости $Тр_2$ можно выполнить на базе силового трансформатора от одного из сетевых приемников II—IV классов мощностью не менее 40 В·А. Для этой цели подойдут трансформаторы от приемников «Рекорд-61», «Урал-5», «Ангара-67» и др Сетевая обмотка остается без изменений, а вместо повышающей обмотки наматывается понижающая на выходное напряжение около 34 В. Эта обмотка наматывается проводом марки ПЭВ-2 или ПЭЛШО 0,8, а количество ее витков должно быть в 5 раз больше, чем число витков катушки на 6,3 В. Для питания сигнальной лампы можно оставить одну из накальных обмоток на 6,3 В.

Особо следует сказать о резисторах цепей начального смещения. Они должны быть подобраны с возможно большой точностью, лучше всего до ±5%. Резисторы R_1 и R_3 — типа МЛТ-2. Резисторы R_2 и R_4 по 2,5 Ом удобно составить из восьми резисторов типа ВС-0,125 на 22 Ом каждый, включив их параллельно.

Конденсаторы C_1 и C_2 должны быть на рабочее напряжение не ниже 25 В. Здесь подойдут распространенные конденсаторы типа К50-3Б (с гайкой) на 500,0 мкФ×25 В либо ЭГЦ-1 на 1000,0 мкФ× ×30 В. В первом случае конденсаторы придется включать парами, чтобы иметь суммарную емкость каждого конденсатора (C_1 и C_2) не менее 1000 мкФ.

Конструктивно усилитель собирается на металлическом шасси, выполненном из листового дюралюминия толщиной 2 мм. Размеры шасси — 50×120×260 мм. Вид на шасси сверху показан на рис. 28. Как видно из этого рисунка, на верхней стороне шасси размещены

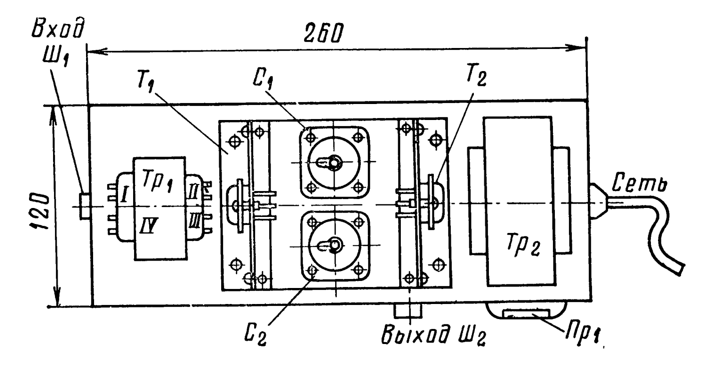


Рис. 28.

транзисторы T_1 и T_2 с дополнительными пластинчатыми теплоотводами (размеры каждого 3×100×100 мм), конденсаторы C_1 и C_2, оба трансформатора. Через один торец внутрь шасси вводится провод питания, а через другой подводится напряжение входного сигнала (для чего применяется унифицированное гнездо СГ-3). Предохранитель и выходное гнездо размещены на одной из длинных боковых стенок шасси.

Усилитель закрывается защитным кожухом с вентиляционными отверстиями, на передней панели размещаются сигнальная лампа или вольтметр. Для удобства транспортировки усилителя на кожухе закрепляется пластмассовая или ременная ручка. Длина кабеля сетевого питания должна составлять 3—5 м, сигнального кабеля (для подключения к выходу приемника или электрофона и магнитофона) — до 5—6 м. Провод к громкоговорителю должен быть длиной не более 4 м. Один из вариантов такой конструкции показан на рис. 29.

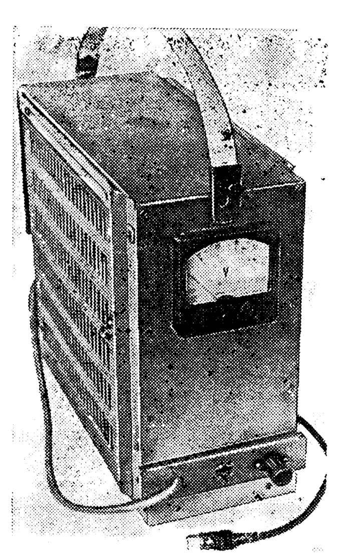


Рис. 29.

Налаживание и эксплуатация. Если при подборе деталей и изготовлении усилителя учтены приведенные рекомендации, сами детали исправны, а монтаж произведен правильно, то налаживание сводится лишь к проверке режимов работы транзисторов по постоянному току при отсутствии сигнала и в режиме максимальной выходной мощности. Постоянное напряжение на положительном и отрицательном полюсах выпрямителя при включенной нагрузке должно быть равно по 20 В противоположного знака относительно корпуса, а потребляемый ток — в пределах 80—100 мА, причем коллекторный ток транзистора T_1 должен составлять около 20 мА. Остальные 60—80 мА потребляют резисторы R_1—R_4. При подаче входного сигнала и достижении максимальной мощности напряжение питания на каждом полюсе должно снизиться до 18 В, а потребляемый ток может достигать 1 А. Здесь очень важно обеспечить примерное равенство напряжения питания на обоих полюсах. Если это равенство сохраняется при работе с различными уровнями выходной мощности, то тогда можно считать, что усилитель не требует дополнительной регулировки и пригоден к дальнейшей эксплуатации.

Но может получиться и так, что уже после включения питания без подачи входного сигнала потребляемый ток превосходит допустимое значение, а из громкоговорителя раздается мощное монотонное гудение. В таком случае необходимо тотчас же выключить питание и поменять местами включение выводов обмотки IV трансформатора $Тр_1$. Возможно и такое положение, когда в отсутствие сигнала ток покоя имеет нормальное значение, а при подаче на вход даже минимального сигнала громкоговоритель издает сильно иска-

женные звуки, при этом потребляемый ток в несколько раз меньше максимального. В таком случае питание усилителя выключают и меняют местами выводы II или III обмоток трансформатора $Тр_1$. Читатель уже догадался, что указанные неисправности были вызваны неправильным включением обмоток трансформатора $Тр_1$. При выполнении приведенных рекомендаций таких неисправностей практически не наблюдается.

Убедившись в исправности собранного усилителя, необходимо проверить качество его работы при воспроизведении музыкальных программ от различных источников сигнала: приемника, магнитофона, электрофона и т. п. Желательно прослушать работу усилителя в течение 1 ч с тем, чтобы убедиться в его возможностях и проверить, насколько нагреваются дополнительные теплоотводы транзисторов и сами транзисторы. Нормальным можно считать, когда после часовой работы с мощностью, близкой к половине максимальной выходной мощности, теплоотводы и транзисторы становятся теплыми, но не горячими. Косвенно о повышении температуры транзисторов можно судить по увеличению их тока покоя. Нормальным можно считать, когда коллекторные токи транзисторов T_1 и T_2 увеличиваются примерно вдвое, т. е. с 20 до 40 мА.

Горячие транзисторы или теплоотводы и чрезмерное увеличение тока покоя могут свидетельствовать либо о неисправности транзисторов, либо о том, что транзисторы плохо прижаты к теплоотводам. Выяснить причины перегрева следует после немедленного выключения питания.

Налаженный усилитель обеспечивает большую громкость и хорошее качество звучания при работе от магнитофонов и проигрывателей и обслуживании танцевальных площадок до 200 м^2.

Акустические установки

Рассмотрение акустических установок начнем с вопроса, который волнует многих радиолюбителей: почему так резко возросли максимальные выходные мощности усилителей низкой частоты и необходимых для их работы громкоговорителей? Ведь уже сейчас многие электроакустические устройства любительского и промышленного изготовления имеют выходную мощность от 10 до 60 В·А и более. Где найти громкоговорители, способные излучать такую мощность?

К сожалению, простой ответ на этот вопрос дать невозможно. Причин несколько. Во-первых, такой запас мощности необходим для обеспечения высокого качества звуковоспроизведения, приближения его к натуральному звучанию. Во-вторых, запас мощности всегда полезен для обеспечения неискаженной работы усилителя с учетом воспроизведения так называемых пиковых колебаний мощности, когда в течение долей секунды выходная мощность воспроизводимой звуковой программы может быть в 5—10 раз (на 7—10 дБ) больше среднего значения ее. В-третьих, расширение полосы воспроизводимых частот и уменьшение искажений, вносимых громкоговорителями, связаны с понижением их КПД, который у современных высококачественных громкоговорителей в лучшем случае составляет всего около 0,5%.

Пусть читатель не думает, что в тексте допущена опечатка. Все правильно, не 50%, не 5%, а всего 0,5%! Правда, существуют так называемые рупорные громкоговорители, у которых КПД дости-

гает примерно 20%, но такие громкоговорители по качеству своей работы могут применяться лишь для воспроизведения речи. В зависимости от основного назначения к громкоговорителям предъявляются различные требования. Основными из них являются номинальная мощность и полоса воспроизводимых частот Так, для работы громкоговорителя с малозаметными искажениями необходимо, чтобы подводимая к нему электрическая мощность была не более номинальной мощности громкоговорителя, т. е. той мощности, на которую он рассчитан. Поэтому в условных обозначениях всех громкоговорителей отображено значение номинальной мощности. Обычно это первая цифра (или первые цифры) условного обозначения, например 6АС-1, 10МАС-1. Здесь мощности громкоговорителей равны 6 и 10 В·А соответственно. Буквы АС обозначают — акустическая система, а буква М — малогабаритная. Отечественная промышленность выпускает громкоговорители на мощность от 4 до 60 В·А. В любительских конструкциях применяются громкоговорители несколько меньшей мощности.

Полоса воспроизводимых частот является очень важной характеристикой, так как во многом определяет качество воспроизведения различных программ, поэтому остановимся на этом несколько поподробнее.

О полосе частот, воспроизводимых громкоговорителем. Часто начинающие радиолюбители допускают ошибку, стремясь приобрести или сделать самостоятельно громкоговоритель самого высокого качества без учета конкретных условий, в которых этот громкоговоритель будет работать. Действительно, самый лучший громкоговоритель может обеспечить практически равномерное воспроизведение звуковых частот с малыми нелинейными искажениями в полосе от 20 до 20 000 Гц. Такая широкая и равномерная полоса нужна лишь для высококачественного воспроизведения музыкальных произведений, исполняемых симфоническим оркестром. Допустимые ослабления на крайних частотах могут составлять всего 3 дБ (2 раза). На рис. 30 приведен примерный вид частотной характеристики громкоговорителя, о котором шла речь. В то же время для разборчивого воспроизведения речи достаточна полоса частот от 300 до 4000 Гц, что видно из рис. 30. Если же необходимо воспроизвести вокальное исполнение (пение) в сопровождении симфонического оркестра, то для подчеркивания голоса исполнителя необходимо увеличить отдачу громкоговорителя на частотах от 1 до 4 кГц так, как показано на рис. 30, при этом должно быть сохранено равномерное воспроизведение самых низких и самых высоких частот. И наоборот, если воспроизводится эстрадно-танцевальная музыка в современных ритмах, то требуется поднять отдачу на самых низких частотах и несколько уменьшить на средних и высоких.

Как видно из рис. 30, один и тот же громкоговоритель вряд ли может удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к нему при воспроизведении различных программ. Обычно на практике стремятся к тому, чтобы громкоговоритель имел по возможности наиболее равномерную частотную характеристику в широкой полосе, а ее коррекция достигается изменением положения регуляторов тембра усилителя. Большинство современных усилителей имеет раздельные регуляторы тембра низших и высших частот. Принадлежность частот к тем или другим определяется относительно средней частоты в 1 кГц. Такие регуляторы тембра позволяют, не изменяя общей отдачи громкоговорителя, перераспределять усиление на раз-

личных частотах относительно частоты 1 кГц в пределах до ±12 дБ. С помощью регуляторов тембра низших и высших частот можно легко получить частотную характеристику для воспроизведения симфонической или эстрадно-танцевальной музыки либо речи. Подчеркивание голоса солиста, или, как говорят специалисты, создание «эффекта присутствия», возможно лишь с помощью сложных многоканальных регуляторов тембра или специальных каскадов, называемых каскадами «эффекта присутствия». Создание многоканаль-

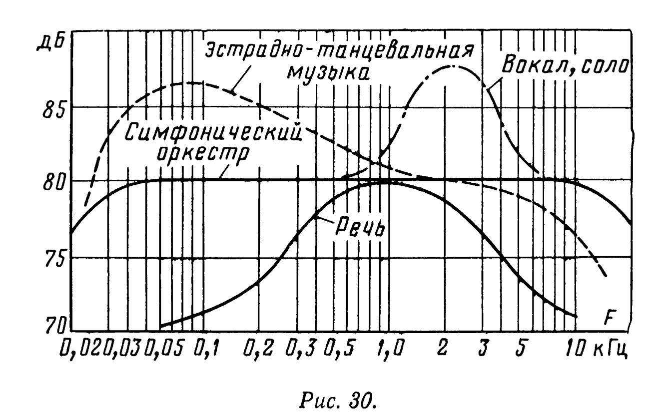


Рис. 30.

ных регуляторов тембра требует большого числа деталей и специальной измерительной аппаратуры, поэтому в данной книге этот вопрос не рассматривается. Но собрать и применить простой каскад, создающий «эффект присутствия» солиста, под силу даже начинающему любителю. Далее в книге будет описан такой каскад.

Нужно отметить, что регуляторы тембра не влияют на собственные свойства громкоговорителя, а лишь согласуют частотные характеристики усилителя и конкретного громкоговорителя, так чтобы их совместное действие создавало требуемое звучание. Но этой же цели можно достигнуть, не изменяя характеристик усилителя, корректируя отдачу громкоговорителя на различных частотах. При этом, конечно, желательно проводить эту коррекцию путем увеличения отдачи на нужных частотах, что эквивалентно увеличению электрической мощности сигнала, подводимой к громкоговорителю. Но сделать это возможно лишь при учете многих явлений, связанных с теорией работы громкоговорителей. К сожалению, теория работы громкоговорителей пока еще слабо освещается в радиолюбительской литературе, поэтому целесообразно рассмотреть основные положения, определяющие качество работы громкоговорителей акустических систем и установок.

Краткая теория работы громкоговорителя. Как известно, основой любого громкоговорителя акустической установки являются динамические головки. С их помощью происходит преобразование электрических колебаний сигнала в звуковые волны. Для обеспечения хорошего воспроизведения нижних и средних частот динамические головки снабжаются дополнительным акустическим оформ-

лением в виде деревянного или пластмассового корпуса с задней стенкой или без нее. Акустические установки, корпус которых имеет плотно закрытую заднюю стенку, называются громкоговорителями закрытого типа. Установки, корпус которых сзади имеет отверстие либо свободное, либо прикрытое сетчатой стенкой, называются громкоговорителями открытого типа. Примером акустической установки закрытого типа является 10МАС-1, открытого — 6АС-1.

Нужно отметить, что расчет конструкции корпуса громкоговорителя, его КПД, диапазона эффективно воспроизводимых частот очень сложен и в любительских условиях его не делают. Поэтому при самостоятельном изготовлении акустических установок следует пользоваться приводимыми здесь практическими рекомендациями и данными уже рассчитанных графиков.

Звуковая отдача громкоговорителя определяется типом и числом динамических головок, используемых в громкоговорителе. В акустических установках промышленного изготовления применяются, как правило, две-три головки, причем одна из них, называемая низкочастотной или басовой, хорошо воспроизводит нижние частоты, другая, среднечастотная, — средние частоты, а высокочастотная — только самые высокие частоты. Такие громкоговорители называются многополосными, так как каждая головка воспроизводит только свою полосу частот. Сделать такую акустическую установку в любительских условиях трудно. Обычно же радиолюбители применяют однополосные громкоговорители, в которых установлены однотипные динамические головки, воспроивзодящие всю полосу частот. Это самая простая конструкция громкоговорителя, называемая «групповым излучателем». Обычно групповые излучатели имеют корпус без задней стенки.

Звуковая отдача громкоговорителя зависит в первую очередь от того, к какой группе относится применяемый тип динамических головок. Разделяются головки по группам в соответствии с величиной среднего стандартного звукового давления, развиваемого ими при подведении к звуковым катушкам головок электрического сигнала стандартной мощностью в 0,1 В·А. Это давление указывается в паспортных данных на головку. Различаются головки пониженной, нормальной, повышенной и высокой чувствительности. Те, которые развивают стандартное давление 0,1—0,15 Па (сокращенное обозначение единицы измерения давления — паскаль), называются головками пониженной чувствительности, развивающие 0,2 Па — нормальной, 0,3 — повышенной и более 0,4 Па — высокой чувствительности.

На первый взгляд может показаться, что различие между головками незначительно. К сожалению, это частая ошибка радиолюбителей, и не только начинающих. На самом деле разница значительна, если принять во внимание, что КПД головки прямо пропорционален квадрату стандартного давления. А это означает, что к. п. д (акустическая или звуковая огдача) головки высокой чувствительности в 8—16 раз больше, чем головки пониженной чувствительности. Это уже немало.

У читателя может возникнуть вопрос: раз это так, то тогда почему все динамические головки не делают высокой чувствительности? К сожалению, есть много причин, которые не позволяют этого сделать. Главные из них две Во-первых, увеличение КПД головки достигается в основном за счет повышения индукции в рабочем зазоре магнитной системы головки, что требует либо увеличе-

ния массы магнита, либо применения дорогостоящих магнитных материалов. Например, в 50-х годах выпускался приемник «Рига-10», динамическая головка которого имела высокую чувствительность за счет магнита массой 5 кг. Для сравнения можно указать, что современные громкоговорители с ферритовыми магнитами имеют массу 1 кг. Во-вторых, КПД головки можно поднять за счет применения диффузора с большим углом раскрыва, но такой диффузор очень неравномерно воспроизводит ряд частот, вследствие чего для выравнивания частотной характеристики громкоговорителя приходится принимать различные меры. Например, динамическая головка типа 3ГД-17 имеет диффузор с большим углом раскрыва, выполненный из пенопласта, а не из бумаги, как у других громкоговорящих головок. В результате стандартное давление головки составляет 0,4 Па, но зато полоса воспроизводимых ею частот составляет от 200 Гц до 6 кГц. Конечно, такую головку нельзя рекомендовать для воспроизведения полосы частот, занимаемой симфоническим оркестром, но можно использовать для воспроизведения речи, как того требует частотная характеристика на рис. 30. Для сравнения можно указать, что головка нормальной чувствительности типа 4ГД-35 воспроизводит полосу частот от 63 Гц до 12,5 кГц.

Для динамических головок введена система условных обозначений. Первая цифра обозначения указывает номинальную мощность головки, при которой коэффициент гармоник будет не более заданной величины (в среднем до 5—7%). Далее идут две буквы — ГД, обозначающие головку динамическую. После букв через черточку следует порядковый номер разработки. Например, условные обозначения 3ГД-17 и 4ГД-35 расшифровываются в первом случае как трехваттная динамическая головка с номером разработки 17, во втором — четырехваттная динамическая головка с номером разработки 35.

Кроме этих основных символов могут быть дополнительные. Так, следующие после порядкового номера буквы означают: Р — предназначена для установки в приемник; Т — пригодна для работы в тропических условиях; Е — вибропрочная, пригодна для работы в автомобиле.

Система условных обозначений продолжает совершенствоваться. Так, теперь многие головки имеют дополнительный цифровой индекс, указывающий резонансную частоту головки. Эта частота является важным параметром частотной характеристики головки, так как она может воспроизводить частоты с гарантированной звуковой отдачей лишь выше резонансной. Например, обозначение на диффузодержателе громкоговорителя 1ГД-40Р-100 означает, что это одноваттный громкоговоритель с номером разработки 40, предназначен для установки в радиоприемник и имеет резонансную частоту, равную 100 Гц.

Звуковая отдача громкоговорителя, содержащего несколько однотипных динамических головок, т. е. акустической системы, типа групповой излучатель, во многом зависит от того, как соединены между собой и с усилителем головки, каковы размеры корпуса громкоговорителя, на каком расстоянии друг от друга они размещены и т. д.

Особенности устройства группового излучателя. Громкоговоритель типа групповой излучатель может содержать две, три, четыре и более динамических головок. Обычно их число определяется, исходя из требуемой мощности громкоговорителя. Необходимо, что-

бы номинальная мощность одной головки, умноженная на число таких головок, была не менее максимальной выходной мощности усилителя низкой частоты, с которым будет работать громкоговоритель. Например, для описанного ранее дополнительного усилителя на 12 В·А потребуется не менее шести двухваттных головок или трех четырехваттных. Конечно, лучше иметь запас, т. е. применить четыре четырехваттных головки. Тогда номинальная мощность громкоговорителя составит 16 В·А. На практике чаще всего применяются групповые излучатели, состоящие именно из четырех головок. Основная причина состоит в том, что при большем числе головок конструкция корпуса получается громоздкой, а при меньшем — выигрыш в увеличении номинальной мощности и улучшении отдачи будет незначительным. В тех случаях, когда действительно нужно использовать шесть и более головок, следует изготовить несколько громкоговорителей по три или четыре головки в каждом. Тогда можно будет использовать их, включив параллельно или последовательно к выходу усилителя.

Четыре головки в одном корпусе позволяют наилучшим образом осуществить электрическое соединение головок между собой. На рис. 31, *а* и *б* показаны наиболее распространенные схемы соединения четырех головок — соответственно последовательная и последовательно-параллельная. В первом случае входное сопротивление громкоговорителя равно учетверенному сопротивлению звуковой катушки одной головки, во втором — сопротивлению одной головки. Кроме того, в случае необходимости, применив дополнительный переключатель, например тумблер типа ТШ-1, можно легко ме-

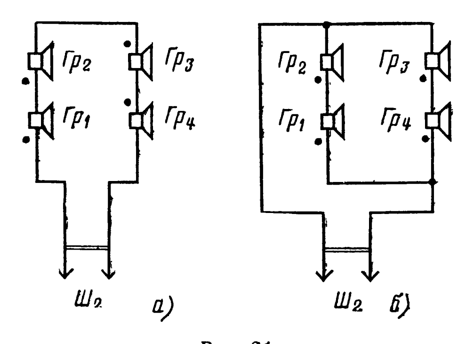


Рис. 31.

нять входное сопротивление громкоговорителя в 4 раза. Как это делается, показано на рис. 32. В зависимости от положения переключателя $В_1$ можно получить входное сопротивление громкоговорителя равным 4 или 16 Ом при использовании четырехомных головок. Если головки будут восьмиомными, то тогда входное сопротивление будет в 2 раза больше — 8 и 32 Ом. Такое переключение очень выгодно при эксплуатации усилителей низкой частоты с автономным питанием, т. е. когда требуется максимальная выходная мощность, а батареи свежие, низкое сопротивление нагрузки позволяет полностью использовать возможности усилителя. И наоборот,

когда требуется небольшая выходная мощность либо батареи уже стары, то, переключив $П_1$ на более высокое сопротивление нагрузки, можно будет получить качественное звучание при малом потребляемом токе.

Групповой излучатель дает увеличение громкости и улучшает качество звучания только при синфазном включении всех головок.

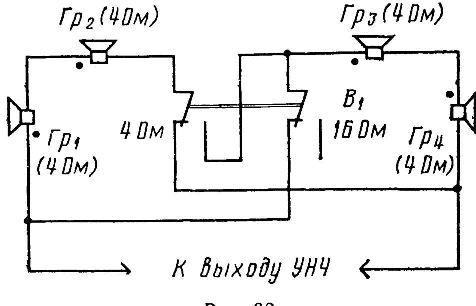


Рис. 32.

Это значит, что они должны колебаться своими диффузорами одновременно в одну и ту же сторону. При несинфазном колебании диффузоров громкость становится даже меньше, а качество звучания хуже, чем при использовании только одной головки. Синфазность включения достигается тем, что при последовательном соединении звуковых катушек, как на рис. 31, *а*, начало намотки катушки одной головки соединяется с концом намотки катушки другой головки и т. д. Начало намотки обозначается на диффузодержателе головки цветной точкой или иным знаком, например отверстием рядом с выводом. При последовательно-параллельном включении в последовательном соединении сохраняется такой же порядок, а в параллельном соединяются начало намотки с началом, конец с концом. Если же никаких знаков около выводов не обнаружено (например, они стерлись или головка старого образца), тогда следует принять произвольно один из выводов началом и ориентироваться на это для всех головок одного громкоговорителя.

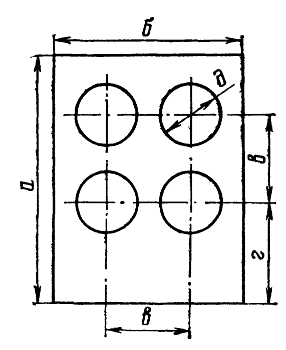


Рис. 33.

Синфазное включение головок дает дополнительное увеличение звуковой отдачи группового излучателя в основном на низких частотах и отчасти средних, причем заметное увеличение отдачи наблюдается на частотах выше некоторой критической. определяемой расстоянием между центрами диффузоров соседних громкоговорителей. Чем ближе расположены головки друг к другу, тем выше значение критической частоты. Но практически это расстояние не может быть менее диаметра диффузородержателя одной головки. На рис. 33 приведен чертеж передней па-

нели громкоговорителя типа группового излучателя для установки на ней четырех головок распространенных типов. Размеры обозначены буквами; цифровые значения которых раскрываются в табл. 12. В этой таблице указываются головки, которые упоминаются в каталогах торговли по почте, а также распространяемые в розничной торговле.

Таблица 12

Основные размеры панели громкоговорителя типа группового излучателя

Тип динамической головки	Размеры, мм				
	а	*б*	*в*	*г*	*д*
2ГД-8	500	440	160	280	140
3ГД-1	470	420	150	260	130
3ГД-38Е	520	460	170	290	148
4ГД-4	580	510	205	325	176
4ГД-8Е	440	390	135	245	114
4ГД-28	580	510	205	325	176
4ГД-35	580	510	205	325	176
4ГД-36	580	510	205	325	176

Если придерживаться указанных в табл. 12 размеров, то повышение звуковой отдачи на различных частотах можно определить непосредственно по данным на рис. 34. Так, согласно этим данным увеличение отдачи на частотах ниже 100 Гц для всех типов головок составит 6 дБ (4 раза). На более высоких частотах оно становится меньше и на частоте 500 Гц составляет у головки 3ГД-38Е 4 дБ, а у 4ГД-8Е 5 дБ. Заметное на слух изменение отдачи на 2 дБ наблюдается на частотах от 700 Гц до 1,3 кГц в зависимости от типа головок. Увеличение отдачи на низших частотах равнозначно повышению подводимой к громкоговорителю электрической мощно-

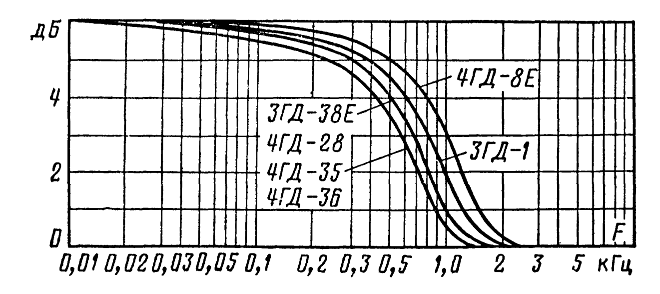


Рис. 34.

сти сигнала. Например, для дополнительного усилителя низкой частоты на 12 В·А это эквивалентно увеличению выходной мощности на частоте 100 Гц до 48 В·А.

О динамических головках, доступных радиолюбителям. Это очень важный для любителей вопрос. За последние 25 лет в нашей стране было выпущено более 130 типов динамических головок, из которых в настоящее время находится в производстве около 30 типов. В то же время в описаниях любительских конструкций встречаются рекомендации применять динамические головки почти 60 типов. Как тут быть?

В первую очередь нужно ориентироваться на головки, упоминаемые в ежегодных проспектах и каталогах Центральной базы Посылторга и Центросоюза. Это головки типов 2ГД-8, 4ГД-8Е, 4ГД-28, 4ГД-35 и др. Для того чтобы сравнить параметры динамических головок различных типов между собой, можно воспользоваться данными табл. 13. Как видно из нее, головками повышенной чувствительности являются 1ГД-4А, 1ГД-37, 1ГД-40, 3ГД-1 РРЗ, 4ГД-4, 4ГД-8Е и 4ГД-35. Это значит, что, применив головки названных выше типов, можно получить увеличение отдачи во всей полосе воспроизводимых частот почти вдвое. Если же при этом учесть дополнительное увеличение отдачи группового излучателя на самых низких частотах, то выигрыш станет еще более значительным.

Особо следует упомянуть головки новых типов: 3ГД-38Е, 4ГД-35, 4ГД-36 и др., которые отличаются широкой полосой воспроизводимых частот и меньшим ухудшением параметров со временем.

Конструктивное оформление громкоговорителя. Основой конструктивного оформления громкоговорителя является корпус, состоящий из двух разъемных частей: собственно корпуса и лицевой панели с защитной тканью. Корпус склеивается из сосновных или еловых досок толщиной около 20 мм и шириной 200 мм и укрепляется шурупами. Лицевую панель, на которой закрепляются динамические головки, делают из листа фанеры толщиной 10—15 мм или древесностружечной плиты толщиной 15—20 мм. Чем больше мощность громкоговорителя, тем толще должны быть лицевая панель и стенки корпуса. В случае необходимости все детали корпуса можно сделать из древесностружечных плит. Качество работы громкоговорителя при этом практически не ухудшится.

Способ закрепления головок на передней панели зависит от ее толщины. Если панель относительно тонкая, около 10 мм, головки можно закреплять и устанавливать с внутренней стороны. Если же панель толстая, то для сохранения звуковой отдачи на всех частотах необходимо закреплять головки снаружи, подогнав отверстие в панели под диффузородержателем так, чтобы они находились заподлицо с передней панелью. Головки крепятся шурупами или сквозными винтами с резьбой М4 или М5. Под диффузородержатель необходимо подложить суконную или фетровую кольцевую прокладку. Такую же прокладку, но большей ширины необходимо поставить между лицевой панелью и корпусом.

Во избежание повреждений диффузоров головок лицевую поверхность панели защищают тканью. Можно использовать специальную радиоткань, либо выстиранную и подкрашенную бортовую ткань, либо рогожу. Еще лучший результат, т. е. почти полное отсутствие дополнительных акустических потерь, можно получить, если использовать редкую тонкую сетку из полиамидной смолы, на-

Таблица 13

Основные характеристики широкополосных динамических головок

Тип головки	Номинальное сопротивление, Ом	Стандартное давление, Па	Воспроизводимые частоты, Гц	Резонансная частота, Гц	Номинальная мощность, В·А	Внешние размеры, мм	Масса, г
0,5ГД-30	16,0	0,30	125—10 000	125	0,5	122×80×49	190
1ГД-1 ВЭФ	6,3	0,23	200—4000	240	1,0	⌀90×57	200
1ГД-4А	8,0	0,30	100—10 000	120/180	1,0	150×100×58	200
1ГД-36	8,0	0,20	100—12 500	100/140	1,0	160×96×50	250
1ГД-37	8,0	0,30	140—10 000	100/140	1,0	160×100×37	200
1ГД-39	8,0	0,20	200—6300	100/140	1,0	⌀100×35	200
1ГД-40	8,0	0,30	100—10 000	100/140	1,0	160×96×50	250
2ГД-3	4,5	0,25	70—10 000	80/100	2,0	⌀146×69	400
2ГД-8 ВЭФ	4,5	0,23	80—7000	90	2,0	⌀146×69	500
3ГД-1 РРЗ	8,0	0,30	120—5000	120	3,0	⌀152×52	400
3ГД-17	6,5	0,40	160—5000	125	3,0	⌀202×52	380
3ГД-38Е	4,0	0,20	80—12 500	80	3,0	160×160×74	380
4ГД-4	8,0	0,27	60—12 000	60	4,0	⌀202×100	1500
4ГД-7	4,5	0,25	63—12 500	63/90	4,0	⌀202×76	800
4ГД-8Е	4,0	0,30	120—7100	90/120	4,0	152×152×80	800
4ГД-28	4,5	0,20	60—12 000	60	4,0	⌀201×71	535
4ГД-35	8,0	0,28	63—12 500	60	4,0	200×200×85	650
4ГД-36	4,0/8,0	0,20	63—12 500	60	4,0	200×200×85	650

пример от хозяйственной сумки или от оконной сетки против насекомых. Защитное тканевое или сетчатое покрытие закрепляется на панели с помощью столярного или синтетического, например обувного, клея, который наносится на внутреннюю поверхность панели полосой шириной 20—30 мм. Ткань предварительно должна быть хорошо проглажена и слегка увлажнена.

Лицевая панель соединяется с основным корпусом с помощью шурупов и дополнительных окаймляющих сосновых реек сечением 20×40 мм. С целью уменьшения акустической связи корпуса громкоговорителя с полом к нижней части корпуса приклеиваются полоски толстого сукна или войлока. В целом же размеры и внешнее оформление зависят от числа применяемых головок, как это следует из табл. 12. В качестве примера на рис. 35, *а*, приведен внутренний вид громкоговорителя, в котором установлены четыре головки типа 2ГД-8, а на рис. 35, *б*, общий вид этого громкоговорителя со стороны лицевой панели. Такой громкоговоритель может обеспечить работу любого усилителя низкой частоты при выходной мощности до 8 В·А. В случае необходимости он может выдерживать кратковременные перегрузки при выходном сигнале электрической мощностью до 12 В·А. В частности, такой громкоговоритель может быть использован совместно с описанным ранее дополнительным усилителем низкой частоты в стационарных условиях.

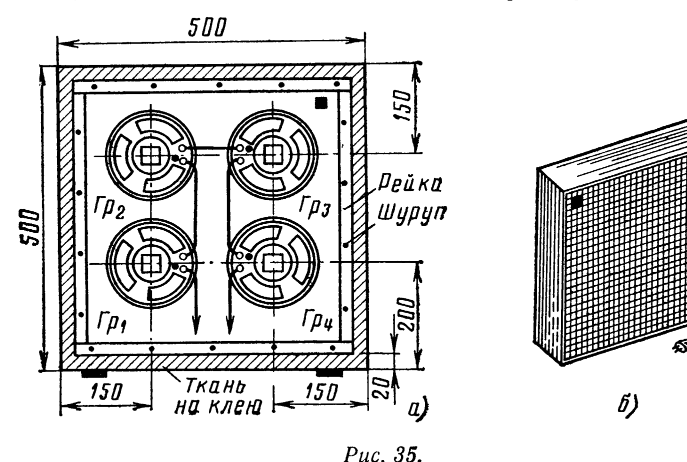


Рис. 35.

Громкоговоритель для работы с дополнительным усилителем мощностью до 24 В·А должен содержать не менее шести четырехваттных головок, например, типа 4ГД-28 или 4ГД-36. Но конструкция такого громкоговорителя, как уже говорилось ранее, получилась бы громоздкой. Лучше сделать два одинаковых громкоговорителя по четыре четырехваттных головки в каждом. Для изготовления громкоговорителей можно использовать данные табл. 12, а их внешнее оформление сделать аналогичным показанному на рис. 35, *а*. При этом оба громкоговорителя можно будет подключить к выходу усилителя одновременно и параллельно друг другу. Очевидно, что

для получения входного сопротивления 4 Ом входное сопротивление каждого громкоговорителя должно быть равно 8 Ом. А это возможно, когда головки каждого громкоговорителя будут соединены по схеме на рис. 31, *б* и сопротивление катушек будет равно по 8 Ом. Для этой цели согласно данным табл. 13 подойдут головки типа 4ГД-4 или 4ГД-35.

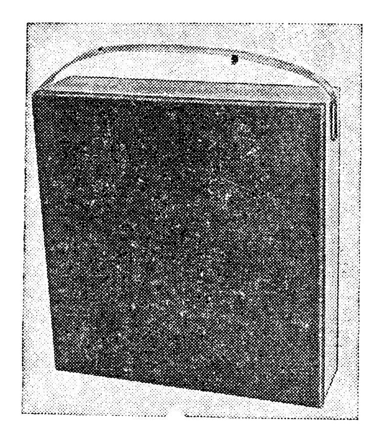


Рис. 36.

На рис. 36 приведен громкоговоритель с четырьмя головками 4ГД-8Е для переносного варианта дополнительного усилителя мощностью до 12 В·А.

В ряде случаев, например при создании электроакустической установки с автономным питанием для работы в полевых условиях, может оказаться целесообразным применить громкоговоритель более простой конструкции, например с одной или двумя головками. На рис. 37 приведены чертежи трех возможных вариантов упрощенного громкоговорителя для головок различных типов при номинальной мощности громкоговорителя, равной 4 (рис. 37, *а*, *в*) и 8 В·А (рис. 37, *б*).

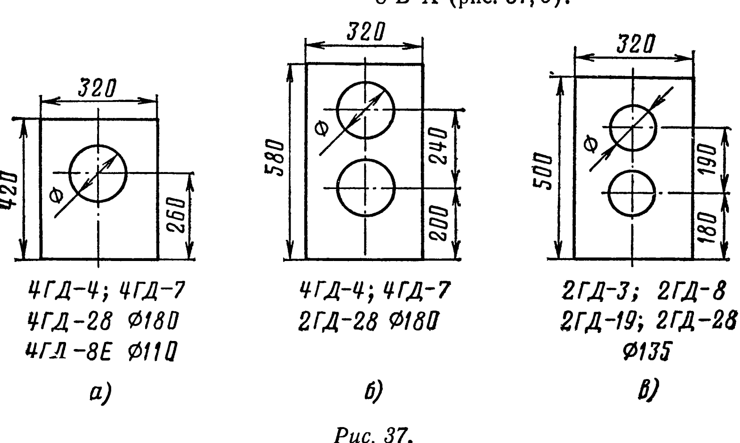


Рис. 37.

При использовании двух головок типа 4ГД-35 внешний и внутренний виды громкоговорителя могут быть такими, как на рис. 38, *а* и *б* соответственно. Размеры корпуса позволяют разместить в нем дополнительный усилитель и две батареи по 12 В, состоящие каждая из восьми элементов 373.

На рис. 39 приведены сравнительные частотные характеристики трех громкоговорителей, содержащих соответственно одну, две

и четыре головки типа 4ГД-35, при подведении к ним одной и той же мощности электрического сигнала, одинаковой на всех частотах. Как видно из рис. 39, увеличение числа головок приводит к росту отдачи мощности на самых низких частотах и чем больше головок,

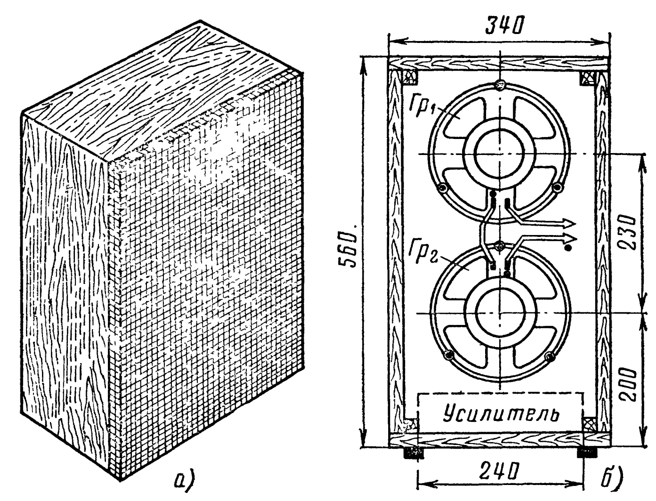


Рис. 38.

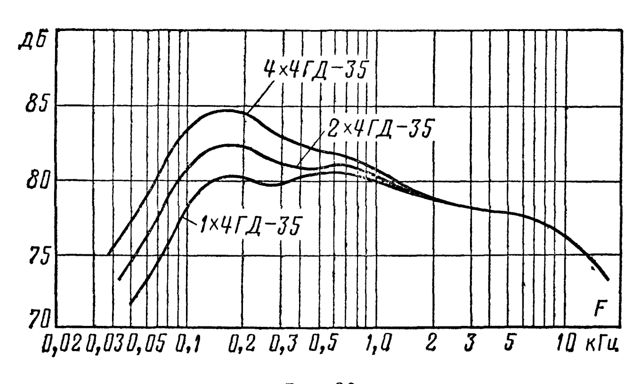


Рис. 39.

тем заметнее повышение отдачи. Правда, вместо теоретического выигрыша 6 дБ на практике выигрыш составляет лишь около 5 дБ, что обусловлено дополнительными потерями в громкоговорителе.

Можно заметить, что частотная характеристика громкоговорителя с четырьмя головками типа 4ГД-35 весьма близка к характеристике, которая необходима для хорошего воспроизведения эстрадно-танцевальной музыки. При этом коррекция характеристики

достигается не путем ослабления средних и высоких частот, а в результате подъема нижних и отчасти средних частот. В этом большое преимущество громкоговорителей типа группового излучателя.

Приведенные на рис. 39 данные могут быть использованы для оценки качества работы громкоговорителей, в которых установлены головки типов 4ГД-28 и 4ГД-7. Необходимо только сделать поправку на меньшую отдачу в среднем на 3 дБ во всей полосе воспроизводимых частот.

Говоря об акустической отдаче громкоговорителей любой конструкции, необходимо учитывать также влияние помещения, где испытывается или эксплуатируется электроакустическая установка, близости стен, потолка, пола, наличия мебели, окон и др. Об этом следует сказать особо.

Размещение электроакустических установок. Электроакустические установки состоят из усилителя низкой частоты и акустической установки. Усилительную часть установки следует разместить там, где ею наиболее удобно управлять, например на столе или специальной тумбочке, а акустическую установить так, чтобы обеспечить наилучшее воспроизведение звука.

В настоящее время нашли широкое применение акустические установки, состоящие из одного громкоговорителя (монофонические) и двух (стереофонические). Такие стереофонические громкоговорители имеют много общего с монофоническими, но отличаются размещением в помещении.

Особенности размещения монофонических установок связаны главным образом с учетом влияния пола и стен на частотную характеристику громкоговорителя в области нижних частот и влияния мебели на воспроизведение средних и высоких частот. Монофоническую установку можно разместить в различных частях помещения. При этом оказывается, что близость пола и стен улучшает отдачу на самых низших частотах, но зато вносит дополнительную неравномерность в воспроизведении средних и высших частот. Объяснение такого явления заключается в том, что на самых низших частотах (менее 200—250 Гц) собственные размеры громкоговорителя оказываются значительно меньше излучаемых им звуковых волн. Тогда, если громкоговоритель расположен достаточно близко к полу или стенам, его можно представить в виде точечного источника звуковых колебаний, размещенного на бесконечной отражательной поверхности (если он стоит на полу), либо на линии раздела двух отражающих поверхностей (если он находится у стены), либо в общей точке трех пересекающихся отражательных плоскостей. Получается, что одна и та же излучаемая мощность распространяется в первом случае в полусфере, во втором — в четверти, в последнем случае — только в одной восьмой сферы. В результате наблюдается увеличение отдачи мощности на низших частотах.

Иллюстрацией сказанному служит рис. 40, *а*, где представлено три возможных положения громкоговорителя монофонической акустической системы в середине (кривая *А*), у стены (кривая *Б*) и в углу (кривая *В*) продолговатой комнаты. Частотная характеристика громкоговорителя для каждого из названных положений приведена на рис. 40, *б*. В среднем перемещение из положения *А* и *Б* и далее в *В* дает при каждой перестановке дополнительное увеличение отдачи на частотах ниже 200 Гц на 3 дБ (в 2 раза), т. е. громкоговоритель, стоящий на полу комнаты в углу, дает подъем низших частот на 6 дБ больше, чем на полу, но в середине той же

комнаты. Размещение громкоговорителя примерно в середине комнаты у ее длинной стены дает примерно 3 дБ дополнительной отдачи мощности. Если же громкоговоритель будет поднят над полом, то отдача на низших частотах уменьшится.

Перечисленные особенности работы громкоговорителя можно использовать для коррекции его частотной характеристики.

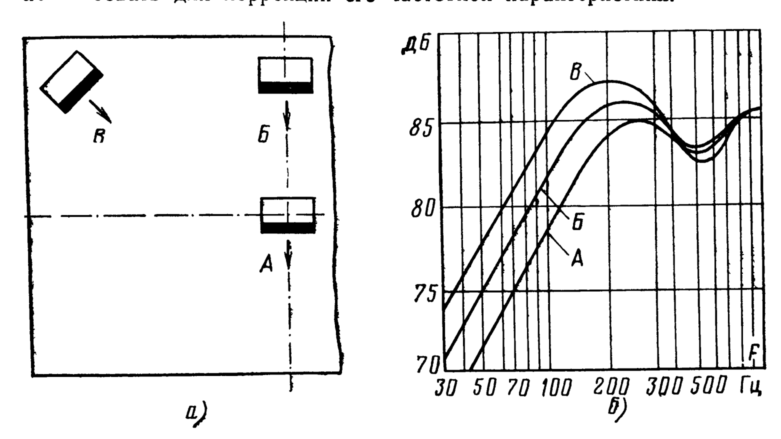


Рис. 40.

Что касается средних и высших частот, то их воспроизведение может быть искажено многочисленными отражениями от окружающей мебели, стекол окон и зеркал. Уменьшить влияние этих факторов можно, покрывая пол половиками и коврами и размещая на окнах и дверных проемах гардины и шторы, которые будут поглощать падающие на них звуковые волны. Это приведет к некоторому уменьшению общей громкости звучания примерно на 3 дБ, но зато улучшит качество воспроизведения. Конечно, эти рекомендации целесообразно применять при использовании высококачественной электроакустической аппаратуры. Если же аппаратура относительно простая и сама вносит некоторые искажения, то тщательное соблюдение требований может не дать заметного эффекта.

Особенности размещения стереофонической установки в основном обусловлены наличием двух идентичных громкоговорителей, которые подключаются к раздельным усилителям и должны быть определенным образом размещены относительно друг друга и окружающих предметов. Стереофонические электроакустические установки (электрофоны, радиолы и приемники, а также магнитофоны) являются довольно сложными по устройству. Самостоятельное изготовление таких аппаратов под силу опытным радиолюбителям, а поэтому таких описаний в данной книге нет. Но стереофонические установки промышленного изготовления сейчас широко внедряются в сельский быт, в сельские клубы, а поэтому нужно знать, как их правильно разместить.

Известно, что для получения хорошего стереоэффекта расстояние между двумя громкоговорителями стереофонической акустиче-

ской системы должно быть не менее 1 м и не более 6—8 м. Это связано с тем, что в первом случае стереоэффект практически полностью будет подавлен, а во втором — оба громкоговорителя будут звучать как два самостоятельных источника звука. Кроме того, громкоговорители должны размещаться вдоль длинной стены комнаты площадью около 100 м². Очевидно, что такие условия могут быть обеспечены лишь в фойе большого клуба, но отнюдь не в жилом помещении.

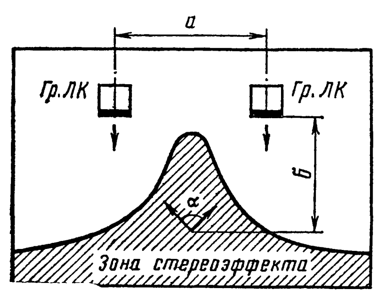


Рис. 41.

Длительное наблюдение за качеством работы стереофонических установок в жилых помещениях позволило сформулировать основные требования к размещению громкоговорителей в зависимости от размеров комнаты. На рис. 41 приведено схематическое изображение прямоугольной комнаты с размещенной в ней стереофонической установкой. Левый и правый громкоговорители подключаются соответственно к выходам левого и правого каналов стереофонического усилителя. Расстояние между громкоговорителями, называемое базой, обозначено как *а*, расстояние от громкоговорителей до центра зоны стереоэффекта обозначено как *б*, а сама зона заштрихована. Громкоговорители (без задней стенки) видны из центра зоны стереоэффекта под углами около 50—60°. Их нужно располагать не ближе 20—30 см от стены. Расстояния *а* и *б* можно определить по данным табл. 14, составленной применительно к комнате с наиболее распространенным соотношением длин сторон, таким как 4 : 5. Например, если комната имеет размеры 6×9 м, т. е. ее площадь 54 м², то база должна быть равна 7,2 м. В этом случае расстояние между громкоговорителями и центром стереоэффекта составит 5,4 м.

Таблица 14

Размещение стереофонических громкоговорителей в помещении

Размеры помещения, м	Расстояние между центром базы и серединой зоны стереоэффекта, м	Расстояние между громкоговорителями, (база), м
2,4×3,0	1,2	2,4
3,0×3,6	2,4	3,3
3,6×4,5	3,0	3,9
4,5×6,0	3,6	4,5
5,4×7,2	4,5	5,4
6,0×9,0	5,4	7,2

У читателя может возникнуть вопрос: а почему бы не воспользоваться повышением звуковой отдачи громкоговорителей при их размещении в углах комнаты и для стереофонических установок, как это было рекомендовано для монофонических установок? Делать

этого не следует вот почему. Стереоэффект создается в результате изменений фазы и амплитуды звуковых колебаний, излучаемых одновременно обоими громкоговорителями, и качество воспроизведения стереофонических программ (магнитофонных или граммофонных записей, радиопередач) во многом зависит от того, насколько точно будут повторены эти изменения. Поэтому к стереофоническим усилителям и акустическим установкам предъявляют повышенные требования. Размещение громкоговорителей по углам комнаты, во-первых, не всегда позволяет установить требуемое значение базы, а во-вторых, сильно искажает фазы звуковых волн, излучаемых громкоговорителями. В результате этого нарушается первоначальная структура сигнала и происходит ухудшение стереоэффекта. По этим причинам в наиболее качественных стереофонических системах громкоговорители несколько приподнимают над полом, чтобы уменьшить влияние отражения волн от пола и расположить основное направление излучения громкоговорителя на уровне головы сидящего человека. Рекомендуется также применять различные драпирующие шторы и занавеси. Обычно такие условия наиболее приемлемы для фойе клуба.

Что касается положительных свойств громкоговорителей типа группового излучателя, то они полностью сохраняются и в стереофонических установках.

Электроника на клубной эстраде

Сегодня трудно представить себе современную эстраду без электронной аппаратуры. В первую очередь, это разного рода электроакустические установки для усиления речи, пения, музыкального сопровождения и танцевальной музыки. Источниками сигнала в этих случаях являются микрофоны, электрофоны, магнитофоны и электрифицированные музыкальные инструменты. Электрические сигналы усиливаются с помощью усилителей мощности низкой частоты с выходной мощностью до 10—20 В·А и даже более, а звук воспроизводится с помощью акустических систем. В предыдущем параграфе уже описывались устройство и изготовление относительно простых усилителей и акустических систем, которые с успехом могут быть применены на сельской эстраде.

Как показывает практика, все же лучше всего использовать в сельском клубе электроакустические установки заводского изготовления, тем более что наша промышленность выпускает их в достаточном количестве. Среди них есть специализированные установки, предназначенные для обслуживания больших музыкальных коллективов и способные работать одновременно с несколькими микрофонами или электрифицированными музыкальными (электромузыкальными) инструментами. Естественно, что такие установки доступны не всем коллективам и клубам. Более реальным для небольших клубов и эстрадных коллективов является использование усилителей низкой частоты и электрофонов, предназначенных для массового применения. В табл. 15 указано восемь таких электроакустических устройств, которые с успехом могут быть использованы на эстраде. Здесь же приведены основные технические данные этих установок. В последней колонке в знаменателе дроби указано входное сопротивление усилителя низкой частоты с соответствующего входа приведенное в килоомах. Обычно усилители электроакустических установок имеют входы трех типов: для подключения звукоснимателей проигрывателей (200—300 мВ при 400—500 кОм), для выхода электромузыкаль-

Таблица 15

Основные характеристики электрофонов и усилителей низкой частоты

Тип	Максимальная выходная мощность, В·А	Полоса воспроизводимых частот, Гц	Чувствительность УНЧ по входам, мВ/кОм
«Аккорд-101» (электрофон)	2×10	63—15 000	250/500 25/50 (гитара)
«Корвет-стерео» (электрофон)	2×10	80—12 500	250/500 25/50 (гитара)
«Вега-101» (электрофон)	2×10	80—12 000	250/500
«Вега-103» (электрофон)	2×25	63—16 000	250/500
«Вега-102» (электрофон)	2×25	63—16 000	250/500 25/50 (гитара)
«Электрон-20» (усилитель с акустикой)	2×15	40—15 000	200/400 20/50 (гитара) 10/40 (микрофон)
«Трембита» (усилитель без акустики)	1×70	20—20 000 (без акустики)	250/500 25/50 (гитара) 2/15 (микрофон)
ВЭФ (усилитель)	1×6	80—12 500	250/500

ных инструментов, например электрогитары (20—30 мВ при 40—50 кОм) и микрофона (2—10 мВ при 10—15 кОм). Усилители имеют несколько стандартных разъемов типа СГ-3 или СГ-5, которые коммутируются специальным переключателем вида работы. Стереофонические системы имеют два канала усиления и воспроизведения, вследствие чего их возможности на эстраде значительно шире, чем у монофонических.

Основным достоинством установок, указанных в табл. 15, является их доступность. Правда, они не в полной мере удовлетворяют требованиям эстрады с точки зрения числа различных входов. Например, для проведения эстрадного концерта требуется, чтобы усилитель имел не менее двух-трех микрофонных входов (один — для микрофона конферансье, другой — для солиста, третий — для музыкального сопровождения). Если предполагается выступление вокально-инструментального ансамбля, «вооруженного» электрогитарами,

то дополнительно потребуется пять входов для подключения их, так как в ансамблях применяются электрогитары различных типов, в общей сложности до пяти. Это могут быть и обычные гитары, снабженные датчиками-звукоснимателями. В настоящее время датчики для обычных акустических гитар имеются в широкой продаже, а поэтому гитары, снабженные датчиками, наиболее распространены в небольших эстрадных коллективах, но наиболее удачным все же является применение специализированных электрогитар. К ним относятся электрогитара-ритм, электрогитара-бас, электрогитара-соло, гавайская электрогитара. Каждая из них имеет свое, индивидуальное предназначение. Так, электрогитара-ритм и электрогитара-бас предназначены для аккомпонемента и игры в ритмических группах вокально-инструментальных ансамблей, эстрадных и танцевальных оркестров. Последняя заменяет обычный контрабас в некоторых областях инструментальной музыки. Следует добавить, что обычный контрабас очень тяжел (более 15 кг) и научиться игре на нем значительно труднее, чем на электрогитаре-бас.

Электрогитара-соло предназначена главным образом для сольного исполнения в инструментальных ансамблях. Как правило, гитары этого типа снабжаются несколькими дополнительными механическими и электронными устройствами, значительно расширяющими исполнительские возможности инструмента.

Гавайская гитара является солирующим инструментом и может входить в состав небольших ансамблей, концертных и танцевальных оркестров. Наличие в инструменте разнообразных тембров, органного эффекта, певучего, мелодичного и вибрирующего звука выдвигает гавайскую гитару на одно из первых мест среди щипковых музыкальных инструментов.

Таким образом, для полного состава вокально-инструментального ансамбля в усилителе потребуется иметь четыре-пять входов для подключения электрогитар.

Максимальное количество усилительных каналов имеют стереофонические электроакустические установки, а именно два. Тогда по каждому из этих каналов нужно передавать два или три сигнала. В установках, приведенных в табл. 15, таких возможностей нет. Для того чтобы они появились, нужно между выходами датчиков электромузыкальных инструментов (и не только электрогитар, но и электроорга́нов и т. п.) и входом усилителя канала включить специальное устройство, называемое микшером. С его помощью можно как бы уплотнить усилительный канал одновременно несколькими сигналами от различных инструментов и микрофонов.

Наша промышленность выпускает микшерные устройства как для профессиональных ансамблей, так и для любительских. Если такой микшер приобрести не удастся, то его можно сделать самостоятельно по приводимому здесь описанию.

Микшерное устройство на три входа. На рис. 42 приведена принципиальная схема микшерного устройства на три входа, один из которых — микрофонный, два других — гитарные. С его помощью можно производить независимое сложение сигналов от трех источников и дополнительно усиливать каждый из них примерно в 10—16 раз. Выход микшера может быть подключен ко входу звукоснимателя практически любой электроакустической установки. Очевидно, что оставшиеся микрофонные и гитарные входы могут быть использованы независимо от микшерного устройства. Выходы датчиков и микрофона подключаются к стандартным гнездам СГ-3. Выход

микшера также имеет унифицированный разъем — гнездо СГ-3 или СГ-5. Питание микшера производится от гальванической батареи 12 В (например, три батареи 3336Л или восемь элементов 373, включенных последовательно) либо от стабилизированного выпрямителя.

Как видно из рис. 42, входные сигналы поступают через разъемы

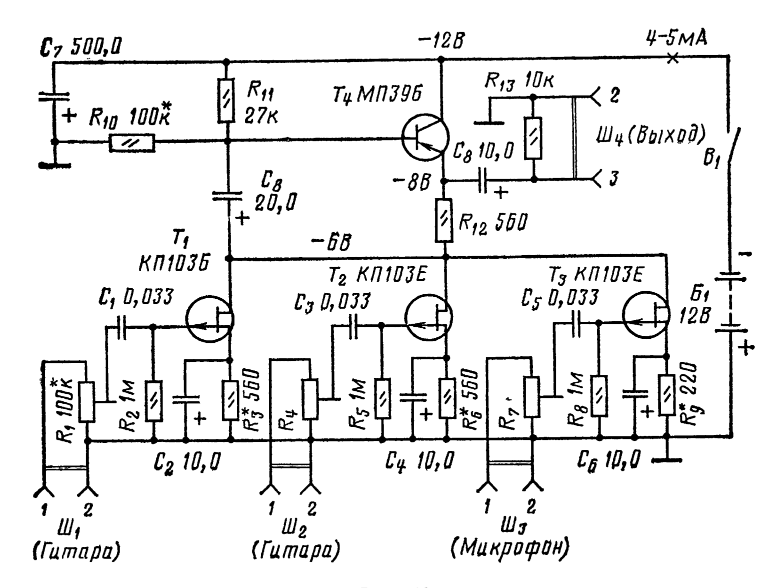


Рис. 42.

на переменные резисторы R_1, R_4 и R_7, выполняющие роль регуляторов уровня соответствующих сигналов. Далее сигналы независимо друг от друга усиливаются в каскадах на полевых транзисторах T_1—T_3 и складываются вместе в эмиттерной цепи биполярного транзистора T_4. Постоянная составляющая тока стоков транзисторов T_1—T_3 проходит далее через резистор R_{12}, а переменная составляющая (переменный ток низкой частоты) — через переходный конденсатор C_8 в цепь базы транзистора T_4. Такое взаимное включение полевых и биполярного транзисторов называется каскадом с динамической нагрузкой. Достоинствами такой схемы являются высокое входное сопротивление, большое усиление сигналов и, что самое важное для микшерных устройств, практически полное отсутствие взаимного влияния входных сигналов друг на друга. Последнее обусловлено главным образом применением полевых транзисторов.

Режимы работы полевых транзисторов по постоянному току устанавливаются резисторами R_3, R_6, R_9, включенными в цепи их истоков. Для устранения нежелательного уменьшения усиления из-за действия внутренней обратной связи по напряжению эти резисторы зашунтированы электролитическими конденсаторами. Режим работы транзистора T_4 устанавливается делителем постоянного напряжения

в цепи базы на резисторах R_{10} и R_{11}, а также резистором R_{12}, включенным в цепи эмиттера. Коррекция режима может быть произведена путем подбора номинала резистора R_{10}. Контроль за соблюдением необходимого режима работы транзисторов по постоянному току может осуществляться путем измерения общего потребляемого тока, который должен быть равен 4—5 мА, либо измерением постоянных напряжений на стоках транзисторов T_1—T_3 и эмиттере транзистора T_4 относительно общего провода питания.

Детали для изготовления микшера подобраны с учетом прейскурантов торговых учреждений. Транзисторы T_1—T_3 могут быть типа КП103Е или КП102И, а T_4 типа МП39Б или МП41, электролитические конденсаторы типа К50-3 или К50-6, постоянные резисторы типа МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25; МЛТ-0,5 либо ВС-0,125, конденсаторы C_1, C_3 и C_5 типа КЛС-1, переменные резисторы R_1, R_4, R_7 типа СПЗ-4а группы В по 100 кОм каждый.

Конструктивно микшер выполняется в виде самостоятельного пульта с вынесением на переднюю панель всех разъемов и рукояток, установленных на осях переменных резисторов. Желательно питать микшер от батарей, так как при использовании стабилизированных выпрямителей прослушивается фон 100 Гц, особенно заметный в паузах. Желательно, чтобы электронное устройство вместе с батареями было размещено в металлическом корпусе, лучше всего — в стальном. Это исключит появление нежелательных наводок во входных цепях со стороны электрической проводки и других электрических приборов.

Распайка разъемов гнезд микшерного устройства может быть иной, чем показано на рис. 42. Главное, чтобы она совпадала с распайкой штыревых разъемов электрогитар и усилителей тех типов, с которыми будет использоваться данное устройство. В случае необходимости с одним стереофоническим электроакустическим усилителем могут работать совместно два микшера, полностью аналогичных описанному ранее. Они могут быть размещены в общем корпусе, иметь общий источник питания, но их выходы должны подключаться к различным входам усилителя.

Об основных этапах налаживания микшера уже говорилось. Следует лишь добавить, что при слишком большом усилении сигнала в одном или нескольких каналах микшера, обусловленном разбросом параметров транзисторов, необходимо исключить в таких случаях электролитические конденсаторы в цепи истоков соответствующих полевых транзисторов. Если же, наоборот, окажется, что усиления по микрофонному каналу недостаточно, то необходимо уменьшить сопротивление резистора R_9. Заметим также, что микшер по схеме на рис. 42 может иметь все три входа, согласованных с выходом электрогитар. Для этого следует увеличить сопротивление резистора R_9 до 560 Ом.

Те, кому приходилось слушать выступление больших вокально-инструментальных ансамблей с электрогитарами, обратили внимание на характерное звучание этих электромузыкальных инструментов, которое меняется в процессе исполнения произведений. Эти особенности обусловлены не только наличием датчиков, но в еще большей степени — применением различных транзисторных каскадов, изменяющих форму создаваемых звуковых колебаний Эти каскады носят сложные названия, применяются главным образом профессиональными исполнителями. Но подобные устройства могут быть сделаны самостоятельно по приводимым далее описаниям.

Известно более десятка различных приставок для электрогитар, которые позволяют создавать эффектные и характерные варианты звучания электромузыкальных инструментов. Наибольшее распространение среди отечественных и зарубежных электрогитаристов получили приставки, создающие фаз-эффект, амплитудное вибрато, эффект тремоло (сильного амплитудного вибрато), квакушки (эффект вау-вау), бустер, а также их различные сочетания, например фаз-бустер. Распространены также более сложные устройства, например частотные вибрато (синтезаторы частот), но они доступны для изготовления лишь опытным радиолюбителям. Здесь описываются устройство и изготовление из доступных деталей наиболее простых и распространенных приставок, создающих названные эффекты.

Приставка, создающая фаз-эффект. В дословном переводе с английского это обозначает искажение формы сигнала, изменение его спектра, т. е. полосы частот, занимаемых сигналом. Среди исполнителей распространено другое название для этих приставок — дисторшер, что по-русски означает исказитель. Суть действия таких приставок сводится к тому, чтобы сильно исказить форму сигнала, поступающего с выхода датчика гитары на вход усилителя. Здесь нет опечатки, именно исказить. Если при усилении сигналов речи или музыки мы стремимся к снижению искажений формы сигнала и подавлению частот, отличных от присутствующих в исходном сигнале, то в исказителях, наоборот, делают так, чтобы искажения были более заметными. В этом случае звучание электрогитары становится более сочным, разнообразным, управляемым электрически.

На рис. 43 приведена принципиальная схема приставки, создающей фаз-эффект и собранной всего на двух кремниевых транзисторах.

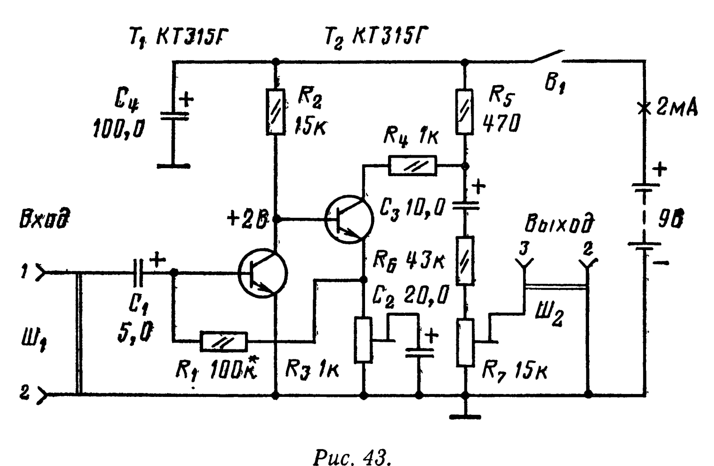


Рис. 43.

рах. Входной сигнал (с выхода датчика) подается на первый разъем $Ш_1$, а выходной снимается со второго — $Ш_2$. Режим работы транзисторов подбирается при помощи резистора R_1, степень искажения сигнала регулируется переменным резистором R_3. Уровень выходного сигнала можно устанавливать переменным резистором R_7. Пита-

ние осуществляется от батареи «Крона ВЦ» или шести последовательно соединенных элементов 343, или от двух батарей 3336Л.

Особенностями данного устройства являются разделение коллекторной нагрузки транзистора T_2 на два резистора — R_4 и R_5 и наличие дифференцирующей цепочки в выходной цепи — конденсатора C_3 и резисторов R_6, R_7. Эта цепочка улучшает «атаку» звука при первых ударах по струнам гитары.

Приставка, создающая эффект амплитудного вибрато. Амплитудным вибрато называется неглубокая амплитудная модуляция воспроизводимого сигнала с очень низкой частотой (всего 4—8 Гц). Делается это с помощью специального генератора сверхнизкой частоты и амплитудного модулятора. На рис. 44 приведена принципиальная

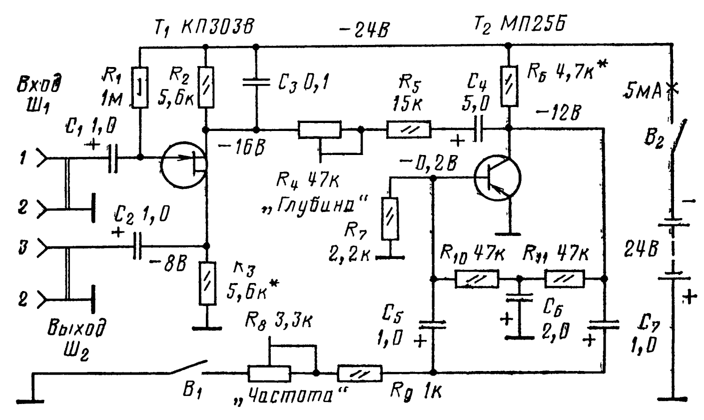


Рис. 44.

схема простого устройства, создающего эффект амплитудного вибрато. В нем используются всего два транзистора: T_1 — полевой и T_2 — биполярный. На транзисторе T_2 собран RC-генератор сверхнизкой частоты с двойным Т-образным мостом в цепи обратной связи. Среднее значение генерируемой частоты — около 6 Гц определяется резисторами R_{10}, R_{11}, R_8, R_9 и конденсаторами C_5, C_6 и C_7. Плавная подстройка частоты в небольших пределах возможна с помощью переменного резистора R_8.

Амплитудный модулятор выполнен на полевом транзисторе T_1. Напряжение входного сигнала подается через первый унифицированный разъем типа СГ-3, а выходное, промодулированное напряжение — через второй. Модуляция сигнала осуществляется путем подачи напряжения сверхнизкой частоты на исток транзистора T_1 Глубина амплитудной модуляции (глубина эффекта амплитудного вибрато) регулируется переменным резистором R_4. Требуемый режим работы транзистора T_1 устанавливается подбором номинала резистора R_3, транзистора T_2 — резистора R_6. Включатель B_1 предназначен для включения генератора. В выключенном положении транзистор T_1 работает как усилитель напряжения сигнала с коэффициентом усиления около 15.

Источник питания (напряжением 24 В) относительно высоковольтный. Учитывая малый потребляемый приставкой ток (всего около 5 мА), ее можно питать от батарей или стабилизированного выпрямителя. В последнем случае пульсации выпрямленного и сглаженного напряжения должны быть очень малы.

Транзистор КП303В можно заменить на КП303Б, МП25Б — на МП20 или МП21 с любым индексом. Используются постоянные резисторы типов МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, ВС-0,125, переменные резисторы типа СПЗ-4а группы А. Монтаж может быть навесным или печатным. Желательно, чтобы корпус прибора был металлическим. С учетом усиления, даваемого каскадом на транзисторе T_1, выход приставки можно подключать непосредственно к гнезду звукоснимателя электроакустической установки.

Приставка, создающая эффект тремоло. Этот эффект заключается в амплитудной модуляции сигнала очень низкой частотой (в пределах 6—10 Гц) с большой глубиной модуляции. Такой режим называется также прерывистой модуляцией, поскольку наблюдаются такие моменты времени, когда сигнал пропадает полностью. В технической литературе такой вид амплитудной модуляции носит название перемодуляции. Эффект тремоло значительно обогащает спектр звучания электрогитары. На рис. 45 приведена принципиальная схема простой приставки на двух кремниевых транзисторах, которая обеспечивает эффект тремоло в широком диапазоне изменения громкости звучания электрогитары. Основой приставки, так же как и в

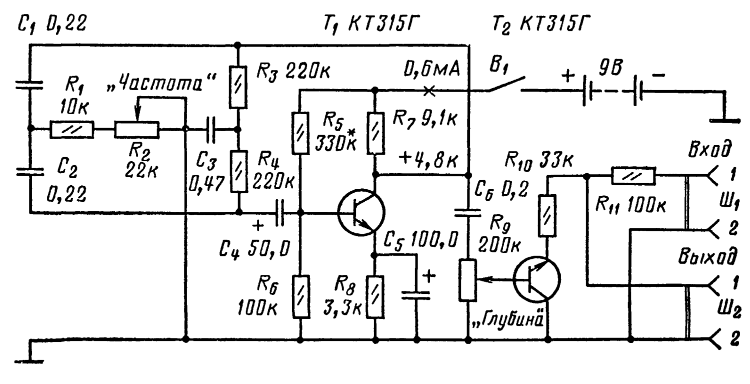


Рис. 45.

предыдущем случае, являются задающий генератор очень низкой частоты на транзисторе T_1 и амплитудный модулятор на транзисторе T_2. Генератор собран по схеме с двойным Т-образным мостом в цепи обратной связи. Установка частоты генератора производится переменным резистором R_2.

Амплитудный модулятор выполнен по несколько необычной схеме. Входной сигнал через контакты разъема $Ш_1$ поступает через резистор R_{11} на эмиттер транзистора T_2. Между ним и резистором R_{11} включен дополнительный резистор R_{10}, с которого снимается часть входного напряжения и подается на контакт выходного гнезда. Кол-

лектор транзистора T_2 соединен с общим проводом, а база подключена к движку переменного резистора R_9, на который подано выходное напряжение генератора.

Суть работы модулятора, создающего эффект тремоло, сводится к тому, что при действии положительной полуволны сверхнизкочастотного напряжения сопротивление между коллектором и эмиттером транзистора T_2 становится малым и поэтому на выходное гнездо будет подаваться примерно одна четверть входного напряжения. При действии отрицательной полуволны сверхнизкочастотного напряжения сопротивление между коллектором и эмиттером транзистора T_2 становится очень большим (несколько мегаом), а поэтому на выходное гнездо будет подано практически все входное напряжение, т. е. транзистор T_2, резисторы R_{10} и R_{11} образуют как бы управляемый делитель напряжения. Очевидно, что, меняя положение движка переменного резистора R_9, можно регулировать глубину модуляции, т. е. степень проявления эффекта тремоло. Следует обратить внимание на то, что на транзистор T_2 напряжение питания источника не подается, поэтому общий потребляемый ток мал — менее 1 мА.

Для изготовления приставки можно использовать транзисторы типа КТ315Г или КТ315Б, КТ315В, а также КТ312 с $h_{21Э}=50$ и более, электролитические конденсаторы типа К50-3 или К50-6 на рабочее напряжение не менее 10 В, постоянные резисторы типов МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, ВС-0,125, переменный резистор R_9 типа СПЗ-4 группы А или В, конденсаторы C_1—C_3 типа МБМ или БМ-2 на рабочее напряжение 160 В. Режим работы генератора по постоянному току корректируется путем подбора номинала резистора R_5. В качестве источника питания можно использовать батарею «Крона-ВЦ» или две последовательно соединенные батареи 3336Л. Корпус приставки должен быть металлическим.

В связи с тем что описанный амплитудный модулятор не дает усиления сигнала, то выход приставки следует подключать к гитарному или даже микрофонному входу усилителя.

Приставка, создающая эффект вау-вау. Те, кто слушал выступление профессиональных вокально-инструментальных ансамблей, конечно, не мог не обратить внимания на характерный «квакающий» характер звучания некоторых электрогитар в отдельные моменты исполнения музыкальных произведений. Такой эффект создается с помощью специальных приставок, называемых квакушками или приставками вау-вау. Суть этого эффекта заключается в том, что коэффициент усиления приставки имеет значительный подъем в относительно узкой полосе частот — около 0,5—1,5 кГц, причем ее среднее значение плавно меняется в общей полосе частот электрогитары. По существу частотная характеристика такой приставки имеет вид, показанный на рис. 30 для случая воспроизведения вокальных номеров при музыкальном сопровождении, но с той лишь особенностью, что среднюю частоту выделяемой полосы можно изменять по желанию исполнителя. Это и создает эффект вау-вау.

На рис. 46 приведена принципиальная схема приставки, создающей эффект вау-вау, собранной на двух кремниевых транзисторах. Транзистор T_1 включен по схеме с общим эмиттером, транзистор T_2 — по схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель). Связь между коллектором транзистора T_1 и базой транзистора T_2 непосредственная. Подчеркивание полосы частот достигается введением между эмиттером транзистора T_2 и базой транзистора T_1 внешней обратной связи, величина которой зависит от частоты. Эта час-

тотно-зависимая обратная связь создается двойным Т-образным мостом, состоящим из резисторов R_6, R_{10} и R_{11} и конденсаторов C_6, C_7. Средняя частота полосы подчеркиваемых частот регулируется переменным резистором R_{11}. При размыкании включателя B_2 цепь внешней обратной связи разрывается и транзисторы T_1 и T_2 работают как усилитель с равномерным коэффициентом усиления во всей по-

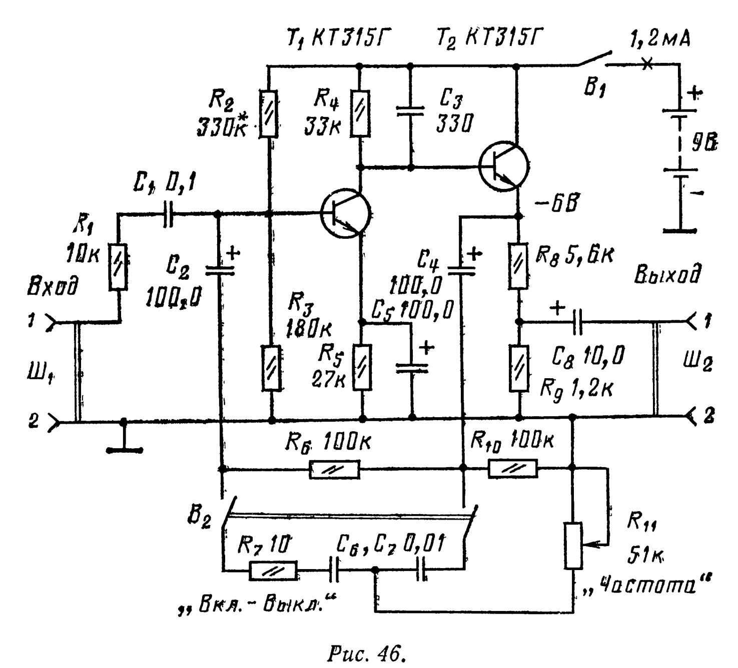


Рис. 46.

лосе воспроизводимых частот. При замыкании выключателя B_2 усиление частот в полосе подъема практически не меняется, но зато резко уменьшается усиление на частотах. лежащих вне этой полосы. Меняя положение движка переменного резистора R_{11}, можно перестраивать среднее значение полосы частот с большим усилением.

В приставке применены конденсаторы: C_6 и C_7 типа КЛС-1, C_3— КЛС-1 или КТК-1, КСО-2, C_1 — МБМ на 160 В, остальные конденсаторы — электролитические типа К50-3 или К50-6 на рабочее напряжение не менее 10 В. В качестве выключателя B_2 можно использовать двухполюсный тумблер типа ТВ-2, постоянные резисторы типа МЛТ-0,25 или МЛТ-0,5, ВС-0,125, переменный резистор R_{11} типов СПЗ-3, СПЗ-4, ТКД-2. Транзисторы могут быть типа КТ315Б— КТ315Г. Источник питания — батарея «Крона ВЦ». На входе и выходе приставки применяются унифицированные гнезда СГ-3 или СГ-5. Установка режима работы транзисторов по постоянному току производится подбором номинала резистора R_2. Желательно, чтобы корпус приставки был металлическим.

В связи с тем что приставка усиливает сигнал в 10—20 раз, выход ее может быть подключен непосредственно к гнезду звукоснимателя усилителя низкой частоты.

Приставка бустер. Это слово в переводе с английского дословно означает «ускоритель», «умощнитель». В данном случае речь идет об ускорении нарастания атаки звука при ударах по струнам электрогитары. Бустер как бы уменьшает время, необходимое для того, чтобы громкость звучания после удара по струнам достигла своего максимального значения. Суть бустерных (ускоряющих) приставок сводится к тому, чтобы в начальный момент создания звука резко увеличить сигнал на входе основного усилителя, хотя сигнал с выхода датчика электрогитары еще не достиг своего максимума. Делается это обычно с помощью регулируемого делителя напряжения выходного сигнала датчика.

На рис. 47 приведена принципиальная схема бустерной приставки к электрогитаре, где желаемый эффект достигается применением регулируемого делителя напряжения, состоящего из последовательно соединенных фоторезистора R_1 и постоянного резистора R_2. Ко вход-

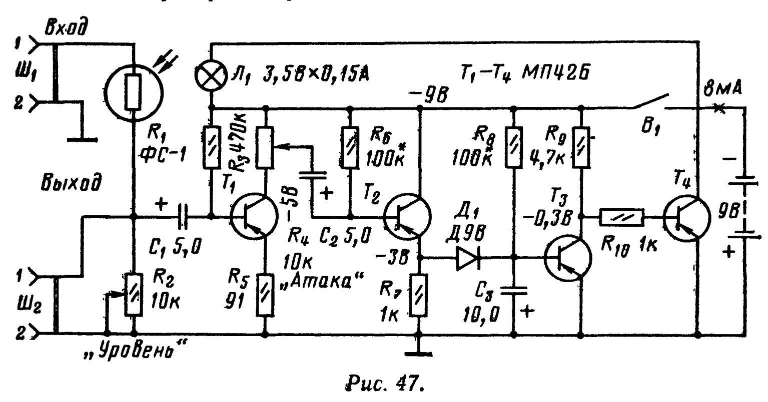


Рис. 47.

ному гнезду подводится напряжение, снимаемое с датчика, а на выход, т. е. на вход основного усилителя, подается часть этого напряжения, снимаемая с резистора R_2. При этом параллельно резистору R_2 подключен дополнительный многокаскадный усилитель сигнала на транзисторах T_1—T_4. Транзисторы T_1 и T_2 усиливают напряжение бросков входного сигнала (его резких выбросов), далее эти выбросы детектируются диодом $Д_1$, сглаживаются фильтрующим конденсатором C_3 и уже в виде постоянного напряжения усиливаются транзисторами T_3 и T_4. Оконечной нагрузкой транзистора T_4 является маломощная лампа накаливания $Л_1$, которая вместе с фоторезистором R_1 размещена в светонепроницаемом футляре. Каждый раз, когда на входе приставки появляются значительные выбросы напряжения, лампа накаливания загорается, освещая рабочую поверхность фоторезистора. При этом сопротивление фоторезистора уменьшается с нескольких сотен килоом до нескольких ом. Вследствие этого практически все выходное напряжение датчика прикладывается к выходному разъему. При отсутствии выбросов лампочка не

светится, сопротивление фоторезистора велико и поэтому выходное напряжение приставки составляет примерно одну десятую часть выходного напряжения датчика гитары. Установка начального коэффициента ослабления сигнала применительно к параметрам применяемого фоторезистора осуществляется переменным резистором R_2. Скорость атаки звука подбирается в ходе исполнения произведения путем вращения движка переменного резистора R_3. В качестве источника питания можно использовать стабилизированный выпрямитель или две последовательно соединенные батареи 3336Л. Фоторезистор может быть типа ФСК-1.

Налаживание приставки сводится к установке требуемого режима работы транзисторов по постоянному току при отсутствии сигнала. Делается это путем подбора номиналов резисторов R_3 для T_1, R_6 для T_2 и R_8 для T_3, T_4. Далее производится проверка работы приставки с электрогитарой. Первоначально переменным резистором R_2 устанавливается желаемый уровень ослабления медленно меняющегося сигнала (плавные мелодии). Затем, регулируя переменный резистор R_6, выбирают необходимое время атаки резких звуков.

К сожалению, рассмотрение устройства электрогитар, правил игры на них, методик применения тех или иных приставок выходит за рамки данной книги. Для тех, кто увлекается этим интересным делом и желает углубить свои знания по данным вопросам, рекомендуем обратиться к книгам по электрическим гитарам и усилителям к ним, упомянутым в списке литературы в конце книги.

Приставка, создающая «эффект присутствия». Об эффекте присутствия уже несколько раз упоминалось на предыдущих страницах книги. Суть этого эффекта сводится к тому, что при соответствующей коррекции частотной характеристики усилителя происходит значительный подъем полосы частот, характерных для человеческого голоса. В результате этого голос солиста, ранее маскируемый музыкальным сопровождением, теперь как бы выходит из музыки, становится более выразительным и разборчивым. Создается впечатление, что как будто певец находится где-то совсем рядом, как бы присутствует в помещении. Отсюда и название эффекта.

На рис. 48 приведена принципиальная схема простого устройства, способного создавать весьма заметный эффект присутствия. Для этого необходимо подключить выход звукоснимателя или магнитофона ко входу приставки, а выход приставки — ко входу звукоснимателя усилителя и регулировкой переменного резистора R_4 добиться желаемого «присутствия» певца в помещении, где прослушивается грамзапись или фонограмма. Основой приставки является однокаскадный усилитель напряжения сигнала на транзисторе T_1, охваченный глубокой отрицательной обратной связью. Так же как и в предшествовавших случаях, обратная связь является частотно-зависимой. Основным элементом обратной связи является двойной Т-образный мост на резисторах R_5—R_7 и конденсаторах C_2—C_4. Эти элементы подобраны так, чтобы обеспечить подъем усиления на частоте 2,5 кГц на 12 дБ по сравнению с усилением на нижних и высших частотах, как того требует характеристика на рис. 30 для вокала и соло. Величина подъема устанавливается с помощью переменного резистора R_4.

Для изготовления приставки можно использовать транзисторы типа МП38А или МП37 и МП38 с $h_{21Э}=50$ и более. При использовании транзисторов с меньшим значением $h_{21Э}$ глубина регулирова-

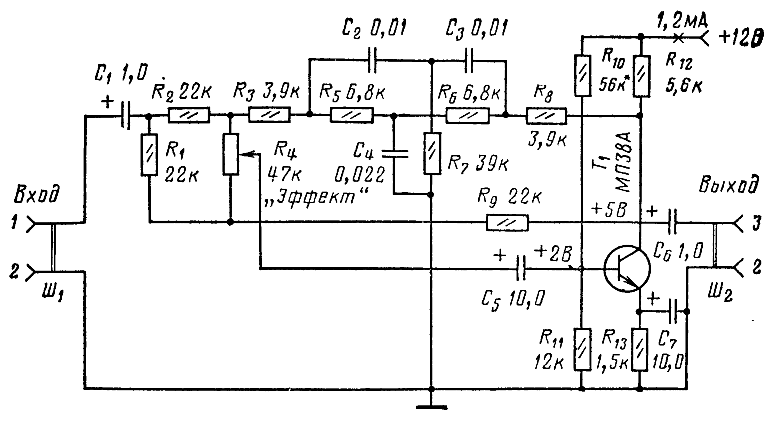


Рис. 48.

ния эффекта присутствия уменьшается до 8—10 дБ. Следует отметить, что для большинства любительских вокальных записей этого вполне достаточно.

Налаживание приставки сводится к установке режима работы транзистора по постоянному току. Делается это с помощью резистора R_{10}. При эксплуатации в качестве источника питания можно использовать три последовательно соединенные батареи 3336Л, срок службы которых вследствие чрезмерно малого потребляемого тока составит более года.

Описанная приставка, создающая эффект присутствия, может быть применена для выделения речи оратора, произносимой в шумной аудитории, для создания эффекта приближения голоса человека к слушателям. Кроме того, при совместном использовании с электрогитарой такая приставка создает возможность преобразовать окраску звучания гитары, подчеркнуть или ослабить те частоты, которые совпадают со спектром голоса вокалистов.

Заканчивая разговор о различных приставках к электрогитарам и усилителям, следует добавить следующее. Все описанные приставки могут быть исполнены совместно в одном или нескольких корпусах, снабженных дополнительными микшерными устройствами. Такое совмещение позволяет оператору ансамбля подбирать наилучшее сочетание эффектов. Если же приставка предназначена непосредственно для управления самим гитаристом, то ее нужно оформить в виде ножной педали, так как руки исполнителя обычно бывают занятыми. Приставку, создающую эффект присутствия, целесообразно разместить в самом усилителе низкой частоты.

Светомузыкальные установки

Светомузыкальными называются установки, в которых яркость свечения установленных осветительных приборов пропорциональна громкости звучания, а цвет свечения определенным образом связан с излучаемыми в данный момент времени звуковыми частотами.

Другими словами, это устройства, которые создают музыкальные и световые эффекты, причем последние связаны с громкостью и спектром звука. Звуковое сопровождение создается с помощью обычных электроакустических установок, состоящих из усилителя и акустических систем. Источником электрического сигнала для усилителя могут быть электрогитара, электропроигрыватель, магнитофон, приемник и т. д. Световые эффекты создаются специальными электронными приставками, нагруженными излучателями света, обычно лампами накаливания.

Светомузыкальные установки — устройства многоканальные. В них электрический сигнал, поступающий на входы усилителя низкой частоты и светомузыкальной установки, разделяется на несколько частотных диапазонов, каждый из которых составляет часть всего спектра частот исходного сигнала. Ширина полосы частот, пропускаемых каждым диапазоном, определяется их числом. В любительской практике нашли наибольшее распространение трехканальные светомузыкальные установки. В результате многочисленных экспериментов установлены следующие наиболее оптимальные полосы частот для каждого диапазона (канала): канал нижних частот — до 200 Гц, канал средних частот — до 800 Гц, канал высших частот — выше 800 Гц.

Каждый из электронных каналов управляет включением и яркостью свечения ламп, колбы которых окрашены прозрачным лаком определенного цвета. Установлено, что наиболее приятное сочетание цветов будет тогда, когда лампы канала нижних частот окрашены в красный цвет, средних частот — в зеленый или желтый, высших — в синий или голубой.

Известны также четырех- и пятиканальные установки. Обычно четвертый канал является нейтральным, как правило, желтым, и он работает тогда, когда все остальные каналы отключены. Такой канал называется фоновой подсветкой. Пятый канал предназначен для управления свечением ламп частотами выше 2—3 кГц. В этом случае третий канал имеет ограниченную полосу пропускания — от 800 Гц до 2—3 кГц.

Эффективность применения светомузыкальных установок во многом зависит от яркости и сочности свечения осветительных ламп. Когда-то управление работой ламп производилось с помощью транзисторных усилителей постоянного тока. Такие устройства были сложными и могли обеспечить установку в каждом канале ламп суммарной мощностью до нескольких десятков вольт-ампер. В то же время для качественной работы таких установок в каждом канале нужно иметь лампы суммарной мощностью не менее 100—200 В·А, т. е. 300—600 В·А на всю установку. Такой мощности достаточно для иллюминации танцевального зала клуба средней величины. Получение такой мощности и более возможно только при использовании управляемых переключаемых диодов — тиристоров.

На рис. 49 приведена принципиальная схема простой светомузыкальной установки с тремя основными и одним фоновым каналами на тиристорах $Д_1$—$Д_3$. Здесь применяются несимметричные тиристоры типа КУ202Е, выдерживающие в запертом состоянии напряжение на аноде относительно катода до 200 В. Для уменьшения напряжения, прикладываемого к тиристорам, их аноды подключены к точкам соединения включенных последовательно ламп каждого основного и фонового каналов. В результате этого напряжение на тиристорах не превышает паспортного значения.

Питание приставки производится непосредственно от сети переменного тока напряжением 220 В. Один провод сети подключается к катодам тиристоров, а другой — через лампы накаливания к их анодам. Лампы основных каналов будут светиться с максимальной яркостью только тогда, когда напряжение сети на аноде положительное, а амплитуда управляющего сигнала на управляющем электроде относительно катода тоже положительная и более 1 В. Если же напряжение сети на аноде отрицательное либо положительное, но напряжение на управляющем электроде мало по величине, то тиристор остается запертым. В таких случаях основная и фоновая лампы канала светятся вполнакала.

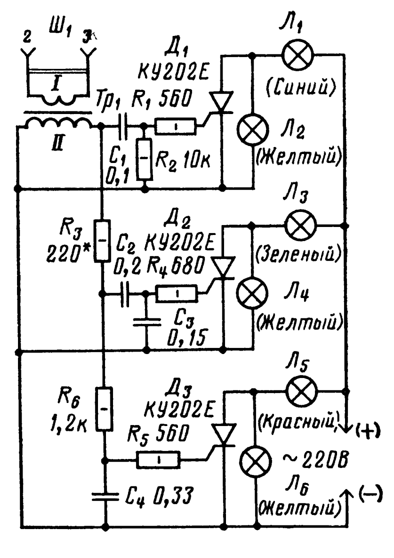


Рис. 49.

Вход установки — трансформаторный. Сделано это по следующим соображениям. Во-первых, сеть подключена непосредственно к тиристорам, а поэтому для обеспечения безопасности при совместной работе установки с приемником или магнитофоном необходима надежная развязка через трансформатор. Во-вторых, для надежного отпирания тиристоров входное напряжение сигнала в каждом канале должно быть не менее 2—3 В. В то же время выходное напряжение на звуковой катушке динамической головки громкоговорителя акустической системы может быть значительно ниже. Поэтому в данном случае применен повышающий трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 17, т. е. точно такой же, как в дополнительном усилителе мощности низкой частоты на 12 В·А. В результате установка может нормально работать совместно с акустической системой практически любого приемника и магнитофона.

Вторичная, повышающая обмотка трансформатора $Тр_1$ одним своим выводом подключена к катодам тиристоров, другим — ко входам канальных фильтров нижних, средних и высших частот. Эти фильтры выполнены по простейшим RC-схемам. Фильтр, состоящий из конденсатора C_1 и резисторов R_1, R_2, пропускает высшие частоты и ослабляет средние и нижние. Фильтр R_3, C_2, R_4, C_3 пропускает только средние частоты, ослабляя высшие и нижние частоты. И, наконец, фильтр R_3, R_6, C_4, R_5 пропускает только нижние частоты, ослабляя средние и высшие. В качестве иллюстрации того, как действуют канальные фильтры, на рис. 50 приведены результаты измерения действующего значения напряжения сигнала на выводах вторичной обмотки трансформатора для обеспечения надежного включения ламп основных каналов. Из рис. 50 видно, что канал высших частот обладает наилучшей чувствительностью, равной примерно

0,8 В. Каналы средних и нижних частот имеют чувствительность примерно в 2 раза хуже — около 1,5 В. Можно отметить также относительно плавный характер ослабления соседних частот, что является характерным для установок с простейшими разделительными фильтрами.

При изготовлении установки можно использовать тиристоры типа КУ202Е или Д235, Д238. Лампы накаливания должны быть однотипными, например все на 220 В×100 В·А или 200 В·А. В случае

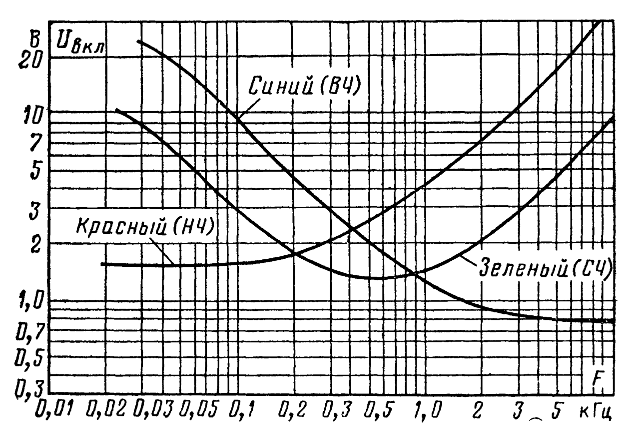


Рис. 50.

необходимости можно использовать несколько соединенных параллельно ламп, при этом суммарная мощность не должна превышать 800 В·А на каждый основной и фоновый канал. Колбы ламп окрашиваются прозрачным цапонлаком соответствующего цвета.

Постоянные резисторы должны быть типа МЛТ-1 или МЛТ-2, конденсаторы типа МБМ на рабочее напряжение 400 или 600 В, трансформатор $Тр_1$ — выходной трансформатор от любого сетевого лампового приемника II—IV классов например «Рекорд-305» и т. п.

Тиристоры должны быть установлены под гайку на дополнительном теплоотводе, в качестве которого можно использовать полоски латуни или дюралюминия толщиной 3—4 мм и размерами 50×150 мм. Монтаж теплоотводов с тиристорами и остальных деталей производится на плате из текстолита или гетинакса толщиной 3—4 мм. Конструкция каркаса и монтаж входного разъема должны обеспечивать отсутствие напряжения сети на внешних металлических деталях установки. С этой целью корпус целесообразно сделать из древесины или пластмассы. Провода, ведущие к лампам, должны быть медными, гибкими, в надежной изоляции. Лампы подключаются к установке через унифицированные патроны.

Возможно несколько вариантов размещения ламп установки. Наиболее распространенный заключается в том, что все лампы располагаются на одной панели, покрытой матовым или ребристым стеклом. Панель со стеклянным покрытием помещается в деревян-

ный корпус. Меняя расположение ламп различной окраски, можно найти интересное сочетание цветов, создаваемых установкой.

Другой вариант заключается в том, что разноцветные лампы размещаются линейно, например над входом в зал или по бокам сцены клуба. При достаточно большом числе ламп можно создавать яркие световые эффекты, сопровождающие исполнение музыкальных номеров.

Как пользоваться установкой? Для этого прежде всего необходимо убедиться в ее безопасности для обслуживающего персонала. Затем с помощью унифицированного соединительного кабеля с разъемами СШ-3 на концах соединяют вход светомузыкальной установки со звуковой катушкой динамической головки акустической системы, с которой будет работать данная установка, включают питание и регулятором громкости электроакустической установки подбирают наилучшеее сочетание цветов свечения. При этом следует иметь в виду, что присутствие того или иного света зависит в основном от наличия соответствующих частот в спектре сигнала. Это легко заметить с помощью грамзаписей различных музыкальных произведений. Например, современные ритмические танцы дают в основном свечение красных и зеленых ламп, а классическая симфоническая музыка — почти равномерное свечение ламп всех основных каналов.

Работа с описанной простейшей установкой выявляет ряд ее недостатков. В первую очередь, это зависимость цветопередачи от громкости звучания. Устранить этот недостаток можно с помощью переменного резистора на 30—50 Ом, 1—5 В·А, который подключается параллельно звуковой катушке динамической головки и с которого снимается определенная часть напряжения входного сигнала. При изменении громкости звучания, подстраивая этот переменный резистор, можно сделать яркость свечения такой же, какой она была ранее.

Другой недостаток заключается в том, что лампы основных каналов при включении тиристоров работают только в течение положительных полупериодов, вследствие чего яркость их свечения ниже, чем при питании непосредственно от сети. Этот недостаток можно исключить, если питать установку не от сети непосредственно, а через двухполупериодный выпрямитель. Полярность включения выхода такого выпрямителя указана в скобках у обозначения места включения источника переменного тока 220 В на рис. 49. Здесь подойдет мостовой выпрямитель на четырех диодах большой мощности, например, типа Д242А. Без дополнительных теплоотводов эти диоды в мостовой схеме способны обеспечить выпрямленный ток до 5 А, т. е. можно довести суммарную мощность всех каналов до 1 кВ·А.

Можно обойтись и без дополнительного выпрямителя, если использовать симметричные тиристоры — симисторы, например, типа КУ208Г. Эти тиристоры работают при любой полярности напряжения на аноде, выдерживают напряжение до 400 В (в запертом состоянии). Такие тиристоры в розничной продаже не бывают, но они применяются в светорегуляторах типа СРП-0,2-1. Три таких регулятора позволят оснастить тиристорами одну установку, исключив при этом фоновые каналы. На рис. 51 приведена принципиальная схема одного из возможных вариантов установки с использованием симисторов типа КУ208Г. В отличие от ранее рассмотренной схемы установки здесь нет фоновых каналов и еще проще стали разделительные фильтры, но зато введены дополнительные переменные рези-

сторы R_1, R_3 и R_5, предназначенные для выравнивания чувствительности каналов.

При повторении конструкции установки по схеме на рис. 51 следует пользоваться теми же рекомендациями, которые были даны при описании предыдущей конструкции. Тиристоры устанавливаются на теплоотводах. В случае необходимости установка может быть сделана малогабаритной. Тогда, возможно, придется отказаться от дополнительных теплоотводов, что снизит мощность каждого канала до 200 В·А, а всей установки в целом — до 600 В·А. Во всех слу-

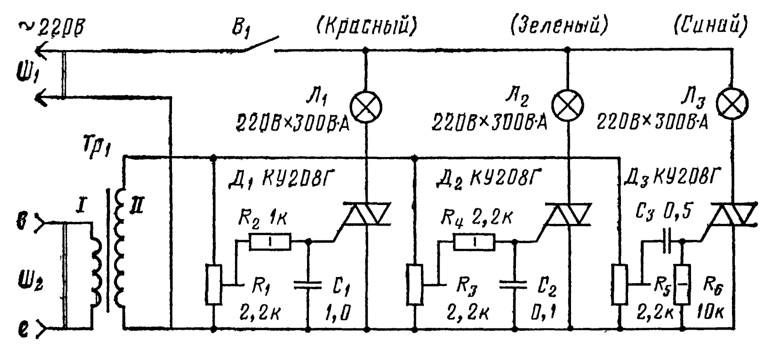


Рис. 51.

чаях обязательным является обеспечение безопасности работы с устройством. Поскольку переменные резисторы, введенные в устройство, находятся под напряжением сети, то их оси должны быть надежно изолированы полихлорвиниловыми или иными пластмассовыми рукоятками, конструкция и размещение которых исключают случайное касание рукой до металлических осей переменных резисторов.

Теперь о том, где и как применять светомузыкальные установки. В нашей стране и за рубежом установки, подобные описанным, применяются главным образом на праздничных вечерах, вечерах отдыха и танцев, при выступлении эстрадных оркестров. Большая суммарная мощность установок, в особенности по схеме на рис. 51, позволяет эксплуатировать их при нормальном освещении помещений, но все же лучшие результаты получаются при затемнении помещения или сцены, где размещена установка. Установки могут совместно работать с электрофонами и электромузыкальными инструментами, как одиночными, так и с оркестром.

ЭЛЕКТРОНИКА — СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

Выполняемая ныне обширная комплексная программа дальнейшего развития сельского хозяйства страны предполагает широкую механизацию и автоматизацию многих трудоемких операций. Этот прогрессивный процесс касается всех отраслей сельскохозяйственного производства: полеводства, животноводства, овощеводства, пло-

доводства, пчеловодства, птицеводства и т. д. Механизация и автоматизация многих процессов позволяют существенно повысить производительность труда сельского труженика, больше и с меньшими потерями собирать и хранить урожай.

В основном программа, о которой было сказано, направлена на создание мощных аграрно-промышленных комплексов, для обслуживания которых потребуется большое число молодежи, любящей технику, электронику, автоматику. В то же время нельзя забывать и о том, что в течение длительного времени будут существовать и давать продукцию более мелкие производства, созданные в прошлые годы. Конечно, на таких производствах и хозяйствах труднее внедрять сложную и дорогостоящую технику, но все же определенный вклад в совершенствование их производства можно и нужно вносить. В этом отношении творческое участие сельских радиолюбителей может быть очень эффективным. В частности, небольшие и несложные транзисторные конструкции различного назначения могут облегчить условия труда механизаторов, полеводов, пчеловодов. Наша промышленность уже выпускает некоторые виды аппаратуры для сельскохозяйственного производства. В дальнейшем таких приборов станет больше, качество их улучшится.

Транзисторные помощники механизатора

Механизатор — видная фигура в селе. В ответственные моменты пахоты и уборки урожая механизаторам приходится работать не только днем, но и по ночам и вечерам. Это не каждому оказывается под силу. Поэтому специалисты и радиолюбители давно занимаются вопросом, как облегчить и улучшить условия труда механизатора?

Здесь приводятся описания нескольких простых по устройству конструкций.

Тиристорное устройство для зарядки автомобильных аккумуляторов. Хорошая работа двигателя транспортных средств (автомобилей и тракторов) во многом зависит от качества их аккумуляторов, особенно при заводке двигателей в холодную ненастную погоду. Обычно аккумулятор подзаряжается от генератора, совмещенного с двигателем транспортного средства. Но порой бывает так, что аккумулятор оказывается сильно разряженным. От такого аккумулятора завести двигатель стартером не удается. Как быть тогда? Нередко приходится ехать за свежим аккумулятором, на что уходит много времени. Но можно сделать иначе. Например, на ночь, когда транспортное средство не работает, аккумулятор с него снимают и ставят на подзарядку от сети. Промышленность выпускает такие зарядные устройства, но они требуют наблюдения за собой, чтобы не допустить перезаряда аккумулятора.

На рис. 52 приведена принципиальная схема тиристорного зарядного устройства, которое автоматически прекращает зарядку при достижении на нем напряжения, соответствующего полному заряду аккумулятора. Основой устройства является трансформатор $Тр_1$, понижающая обмотка которого нагружена на двухполупериодный выпрямитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Выпрямленное напряжение подается для заряда аккумулятора с номинальным напряжением 12 В двумя путями: через последовательно соединенные диод $Д_3$, постоянный резистор R_1 и переменный резистор R_2 и через тиристор большой мощности $Д_4$. Через первую цепь аккумулятор заряжается током всего 0,1 А. Значение этого тока близко к току саморазряда акку-

муляторов, а поэтому даже продолжительный заряд аккумулятора таким током не причинит аккумулятору вреда, наоборот, будет поддерживать его всегда в состоянии полной готовности. Установка конкретного значения этого тока производится переменным резистором R_2.

Вторая цепь заряда через тиристор $Д_4$ позволяет регулировать ток заряда от нуля до 6 А, т. е. до максимального значения зарядного тока для большинства аккумуляторных батарей напряжением 12 В. Управление работой тиристора $Д_4$ производится с помощью стабилитрона $Д_6$ на 8 В, тиристора $Д_7$ и делителя напряжения на

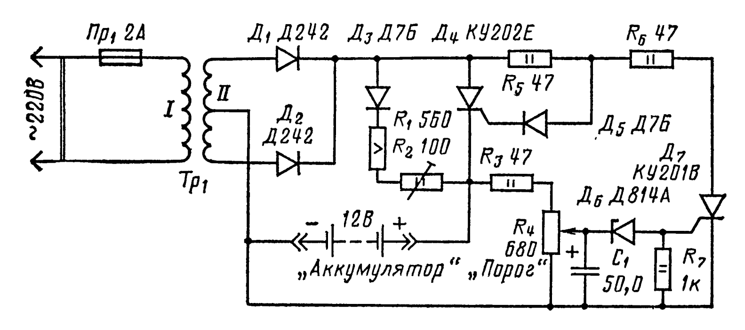


Рис. 52.

резисторах R_5 и R_6, средняя точка которого через диод $Д_5$ соединена с управляющим электродом тиристора $Д_4$. Уровень прекращения заряда большим током устанавливается с помощью делителя напряжения аккумулятора на постоянном резисторе R_3 и переменном резисторе R_4. Постоянное напряжение, снимаемое с движка R_4, управляет включением и выключением тиристора $Д_7$ через стабилитрон $Д_6$.

Пороговое напряжение, при котором аккумулятор заряжен полностью и ток заряда должен быть значительно снижен, устанавливается при помощи переменного резистора R_4 индивидуально для каждого аккумулятора.

Для изготовления зарядного устройства необходимо иметь понижающий трансформатор мощностью не менее 100 В·А, вторичная обмотка которого должна быть рассчитана на напряжение 45 В с отводом от середины. Для этого можно использовать силовой трансформатор от любого телевизора, перемотав его обмотки. Нужно только оставить первичную обмотку на 220 В и намотав вновь понижающую обмотку на 45 В. Количество витков новой катушки должно быть в 7 раз больше, чем количество витков обмотки для питания накала ламп напряжением 6,3 В. Обмотка должна быть выполнена проводом ПЭЛ или ПЭВ-1, ПЭВ-2 диаметром 2 мм. Если такого провода приобрести не удастся, то можно произвести намотку в два провода диаметром по 1,4—1,5 мм каждый.

Используются постоянные резисторы типа МЛТ-2, кроме R_1, который должен быть проволочным типа ПЭ-5, ПЭ-10. Тиристоры могут иметь практически любые буквенные индексы, так как напряжение на них невелико.

Переносная лампа дневного света. При проведении ремонтных работ в вечернее и ночное время механизаторы обычно пользуются переносными лампами накаливания с питанием от бортового аккумулятора. Недостатками таких ламп являются относительно небольшая яркость свечения и наличие теней, утомляющих зрение. Известно, что при той же самой мощности лампы дневного света горят более ярко и без теней. Это свойство ламп дневного света широко используется в промышленности при производстве точных приборов. А нельзя ли лампу дневного света сделать переносной с питанием от бортового аккумулятора?

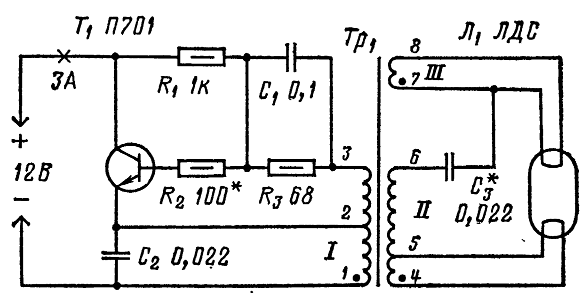


Рис. 53.

На рис. 53 приведена принципиальная схема простого устройства, с помощью которого можно питать маломощную лампу дневного света от аккумулятора 12 В. Основой устройства является электрический генератор колебаний высокой частоты (около 20 кГц), выполненный на транзисторе T_1 по трехточечной схеме с индуктивной связью. Начальное напряжение на базе транзистора создается делителем напряжения на резисторах R_1 и R_3. Конденсатор C_1 шунтирует резистор R_3 по переменному току.

Высокое напряжение, необходимое для работы лампы, получается с помощью повышающей обмотки трансформатора Tp_1. Первичная обмотка с отводом используется для создания положительной обратной связи генератора. Нити накаливания лампы питаются от части витков обмотки *II* и от дополнительной обмотки *III*. Для упрощения конструкции установки и повышения надежности здесь отсутствуют стартеры, накал нитей лампы во время ее постоянной работы не отключается, что в какой-то степени снижает ее срок службы, но для переносной лампы, работающей лишь кратковременно, это несущественно.

Высокая частота генератора, используемого для преобразования постоянного напряжения в переменное, устраняет большой недостаток обычных ламп дневного тока, питаемых от сети 50 Гц, 220 В — постоянное монотонное гудение, утомляющее человека.

В устройстве применяются детали следующих типов: транзистор T_1 типа КТ701, КТ803, КТ805 с любыми буквенными индексами, резисторы — МЛТ-1, конденсатор C_1 — МБМ на 160 В, C_3 — МБМ на 400 или 600 В. Конденсатор C_2 может быть типа КЛС-1 или МБМ на 160 В. Трансформатор Tp_1 представляет собой катушку из нескольких секций, размещенных в ферритовом броневом сердечнике

внешним диаметром 25 мм, типа Б-25, марки 1000НН. Первая секция обмотки I (по схеме — снизу) содержит 26 витков провода ПЭВ-1 0,4. Вторая, верхняя по схеме секция имеет 10 витков провода ПЭВ-1 0,22. Обмотка *II* содержит 350 витков провода ПЭВ-2 0,15 мм с отводом от 18-го витка, а обмотка *III* — 20 витков ПЭВ-2 0,2 мм. Все обмотки намотаны в одну сторону. Начало обмоток указано на рис. 53 точками.

Все детали преобразователя напряжения размещаются внутри металлического корпуса размерами 26×60×110 мм. В качестве дополнительного теплоотвода транзистора используется одна из сторон корпуса. Лампа дневного света на 20 Вт размещается в защитном кожухе из металла со стеклянным окном. Длина кабеля питания может быть до 10 м. Ток, потребляемый от батареи 12 В, — около 3 А.

Налаживание установки сводится к измерению потребляемого тока и выбору необходимой яркости свечения. Первая операция производится при отключенной лампе дневного света. Ток холостого хода должен быть около 0,5 А. Коррекция этого тока производится подбором резистора R_2, ограничивающего ток базы. Яркость свечения лампы может быть отрегулирована путем изменения частоты генерации при помощи замены конденсатора C_2. Возможна также подстройка путем подбора резистора R_2.

Электрифицированный знак аварийной остановки транспорта. Согласно правилам дорожного движения в случае вынужденной остановки транспортного средства на проезжей части дороги на определенном расстоянии от этого средства (перед ним) должен быть установлен знак аварийной остановки, имеющий вид равностороннего треугольника и снабженный светоотражательными рефлекторами. В ночное время знак должен дополнительно подсвечиваться.

Очевидно, что для подсветки сигнала в темное время суток или в ненастье лучше всего установить на таком знаке лампы накаливания и питать их от бортового аккумулятора. Такое решение вполне допустимо, если остановка предполагается быть кратковременной. Но при длительной стоянке транспорта такой электрифицированный знак может основательно разрядить аккумулятор. Поэтому желательно, чтобы лампы знака включались периодически. Такой режим работы ламп позволяет уменьшить потребляемый ток и дополнительно усилить заметность знака на дороге.

На рис. 54 приведена принципиальная схема, а на рис. 55 — эскиз электрифицированного знака аварийной остановки, снабжен-

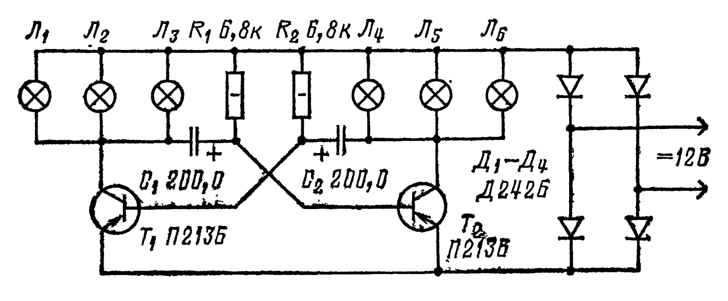


Рис. 54.

ного шестью лампами подсветки, которые периодически включаются и выключаются. Основой схемы является симметричный мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2 средней мощности. Мультивибратором принято называть устройство, состоящее из двух усилительных каскадов, у которых выход одного через переходный конденсатор соединен со входом второго, а выход второго через такой же второй конденсатор — со входом первого. Эти конденсаторы обозначены на рис. 54 как C_1 и C_2. Для создания начального смещения на базах транзисторов применены резисторы R_1 и R_2. Поскольку конденсаторы C_1 и C_2 создают сильную положительную обратную связь, то оба конденсатора усиления становятся элементами генератора. Частота его генерации обратнопропорциональна произведению емкости конденсатора C_1 на сопротивление резистора R_1. Особенностью работы мультивибратора является то, что каждый из транзисторов работает по очереди с другим, т. е. если один транзистор полностью открыт и поэтому лампы, включенные в цепь его коллектора, ярко светятся, то в это же время другой транзистор полностью закрыт, ток коллектора очень мал, а поэтому лампы в его цепи не светятся. Затем транзисторы поменяются ролями. Частота коммутации ламп устройства, выполненного по схеме на рис. 54, составляет около 0,5 Гц.

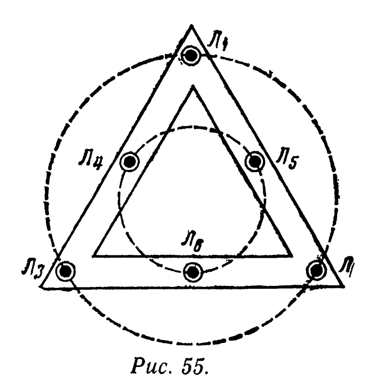


Рис. 55.

Диоды $Д_1$—$Д_4$ в данном устройстве имеют вспомогательное назначение. Они включены по схеме мостового выпрямителя и предназначены для обеспечения работы знака при любой полярности подключения к аккумулятору. Можно обойтись и без диодов, но тогда требуется провод, ведущий к лампам, подключить к отрицательному полюсу, а нижний по схеме провод — к положительному полюсу аккумулятора.

Транзисторы T_1 и T_2 могут быть типа П213—П217 с любыми буквенными индексами, но все же лучше, если их коэффициенты передачи тока $h_{21Э}$ будут равны 30—40. Осветительные лампы необходимо взять 12 В×4 кд. Яркость свечения может быть заметно увеличена путем замены ламп 12 В на 6 В (от мотоцикла). Срок службы таких ламп уменьшится, хотя и ненамного, так как они работают в импульсном режиме.

Импульсный сигнальный фонарь на транзисторах. Бывает так, что во время ночных работ машины выходят из строя. Починить их на месте нет возможностей, а до селения далеко. Тогда механизатору приходится оставлять вышедшую из строя машину в поле и идти за помощью. Для того чтобы при возвращении механизатор мог в темноте быстро найти поврежденную машину, желательно оставить на этом месте сигнальный фонарь, например, красного света. Можно с этой целью включить обычный ручной фонарь, но даже при свежей батарее длительность его работы составит не более 2—3 ч. Продолжительность работы фонаря можно увеличить в 10—

20 раз, если заставить его работать в импульсном режиме, т. е. включить его на очень короткое время, исчисляемое десятыми долями секунды, периодически, через несколько секунд.

На рис. 56 приведена принципиальная схема импульсного сигнального фонаря, который посылает импульсы света длительностью 0,1 с с периодом повторения около 2 с. Импульсный режим лампы накаливания напряжением 2,5 В обеспечивается мультивибратором на транзисторах T_1 и T_2 различной структуры. Такой мультивибратор содержит всего один конденсатор положительной обратной связи и один резистор начального смещения (C_1 и R_1). Главное же достоинство его состоит в том, что мультивибратор потребляет ток только в те моменты времени, когда открыт транзистор T_2, т. е. при свечении лампы $Л_1$ в течение 0,1 с через каждые 2 с.

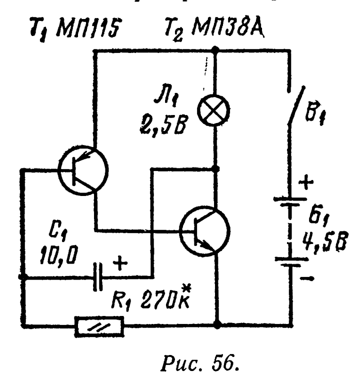


Рис. 56.

Транзистор T_1 должен быть кремниевым, типа МП114—МП116. В крайнем случае возможно применение германиевых транзисторов типа МП40 — МП42, но тогда потребляемый ток возрастет. Лампа накаливания 2,5 В×0,15 А.

Измерители и сигнализаторы температуры и влажности окружающей среды

Температура и влажность окружающей среды, сельскохозяйственных продуктов, почвы, семян и т. п. оказывают большое влияние на сроки агротехнических мероприятий, сохранность продуктов, всхожесть семян и др. Промышленность выпускает специальные приборы для измерения температуры и влажности, которыми снабжаются специализированные лаборатории. На такие приборы, пусть более простые, не такие универсальные, требуются для широкого круга работников сельского хозяйства, например работникам хранилищ, животноводческих ферм, полеводам. Здесь описываются такие приборы, доступные для изготовления даже начинающим радиолюбителям.

Транзисторный сигнализатор повышенной температуры. Известно, какой большой ущерб наносят пожары сельскохозяйственному производству. Этот ущерб можно существенно сократить, если вовремя принять меры к пожаротушению. А это можно сделать лишь тогда, когда о пожаре мы узнаем в самом его начале. На рис. 57, *а* приведены рабочие характеристики и на рис. 57, *б* — принципиальная схема простого сигнализатора повышения температуры воздуха в самом начале возгорания материалов в помещении.

Принцип действия сигнализатора основан на температурной нестабильности транзисторов. Если обратиться к литературе по транзисторам, то всюду упоминается самый существенный недостаток их — резкое увеличение неуправляемого тока коллектора $I_{Кн}$ по мере повышения температуры. В среднем считается, что этот ток увели-

чивается у германиевых транзисторов вдвое при повышении температуры корпуса транзистора на каждые 10° С. Особенно велико и заметно это изменение при использовании транзистора в режиме с отключенной базой. Например, транзистор типа МП25Б при температуре 20°С имеет ток $I_{Кн}$ =0,5 мА, при 30°С — 1 мА, 40°С — 2 мА, 50°С — 4 мА, 60°С — 8 мА и т. д., что показано на рис. 57, *а*.

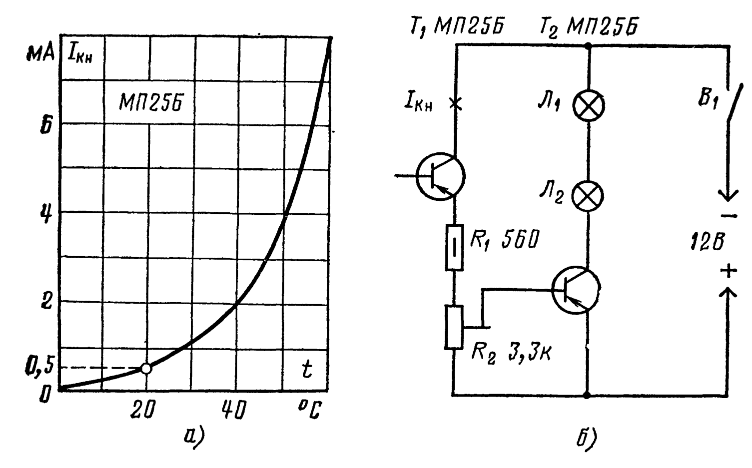


Рис. 57.

Именно эта температурная зависимость тока $I_{Кн}$ германиевого транзистора используется в сигнализаторе по схеме на рис. 57, *б*. Транзистор T_1 размещается вблизи того места, где вероятнее всего возможно возгорание. К выводам коллектора и эмиттера транзистора пропаиваются изолированные проводники, подводимые к контрольному пульту. На пульте размещены источник питания напряжением 12 В (выпрямитель или аккумуляторная батареия) и усилитель постоянного тока на транзисторе T_2, в цепь коллектора которого включены две сигнальные лампы на 6,3 В каждая. Неуправляемый ток транзистора T_1 поступает в цепь базы транзистора T_2, где усиливается до значения, достаточного для того, чтобы лампы засветились. Порог срабатывания регулируется переменным резистором R_2. Ограничение тока в сигнальной цепи производится резистором R_1.

Транзисторы устройства могут быть типа МП39—МП42 с различными буквенными индексами. Желательно лишь, чтобы транзистор T_1 имел возможно большее значение тока $I_{Кн}$, а транзистор T_2 имел $h_{21Э}$=30 и более. Датчиков может быть несколько и устанавливаться они могут в различных местах помещений. Для каждого из них должны быть свой усилитель постоянного тока и свои сигнальные лампы. Пульт должен быть установлен в таком месте, чтобы его легко можно было наблюдать издалека. Под каждой сигнальной лампой следует указать место установки датчика.

Осторожно, гололед! На рис. 58 приведена принципиальная схема устройства, в котором используется зависимость тока коллектора

транзисторов от температуры для подачи импульсных световых сигналов о возможности гололеда. Дело в том, что гололед, приносящий много бед на дорогах, наблюдается при температуре воздуха у земли, близкой к нулю. Именно на этом принципе и основано действие сигнализатора. Транзистор T_1, используемый в качестве датчика

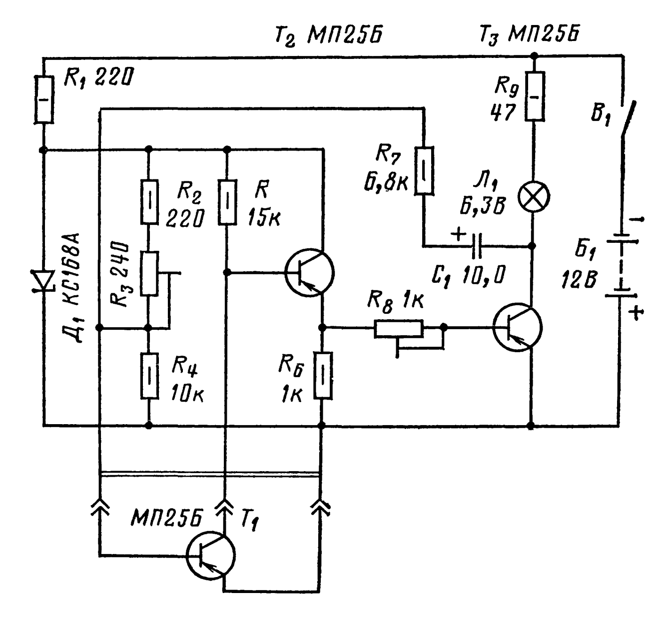


Рис. 58.

температуры, устанавливается на улице на высоте около 1 м от земли в нескольких метрах от жилья, во избежание ошибок измерений. Транзистор T_1 своими выводами шунтирует на общий провод цепь положительной обратной связи низкочастотного мультивибратора на транзисторах T_2 и T_3, размещенного при нормальной комнатной температуре в помещении. Нагрузкой в цепи коллектора транзистора T_3 являются лампы накаливания (6,3 В $\times$ 0,28 А) и токоограничительный резистор R_9.

При наружной температуре выше 0°С внутреннее сопротивление транзистора T_1 относительно мало, поэтому его шунтирующее влияние на цепь положительной обратной связи мультивибратора велико и генерация не возникает. При температуре, близкой к нулевой, это шунтирующее действие снижается и возникает генерация, которая регистрируется миганием сигнальной лампы. Если же температура воздуха будет еще ниже, то мигание лампы прекратится и лампа будет светиться непрерывно. При температуре выше нуля лампа не светится.

Для стабилизации показаний сигнализатора напряжение смещения на транзисторы T_1 и T_2 подается через параметрический стаби-

лизатор напряжения на стабилитроне $Д_1$ и резисторе R_1. Установка порога срабатывания датчика производится переменным резистором R_3. Переменный резистор R_8 необходим для устранения влияния разброса параметров транзисторов.

Описанный сигнализатор может быть использован в автохозяйствах для подачи световых сигналов о возможном гололеде или сильном похолодании. Прибор окажется полезным и полеводам. Преимуществом транзисторного сигнализатора перед обычными термометрами является то, что они не требуют постоянного внимания к себе, а сами сигнализируют в нужный момент. Следует учесть, что характеристики транзисторов со временем меняются, а поэтому необходимо время от времени регулировать прибор.

Значительно большей стабильностью и точностью измерений обладают сигнализаторы и измерители, в которых используются в качестве датчика температуры не транзисторы, а терморезисторы.

Электротермометр для измерения температуры зерна. На элеваторах и складах при хранении в мешках зерна и других сыпучих материалов и продуктов возникает необходимость измерения температуры внутри мешков. Обычно применяются стеклянные ртутные термометры. Для проведения измерений в мешке необходимо делать отверстия, через которые в дальнейшем высыпается его содержимое. Уменьшить диаметр отверстия, необходимого для измерения температуры, можно, если заменить ртутный термометр электрическим. Диаметр измерительной иглы такого термометра всего 4 мм. Поэтому повредить мешковину такая игла не может.

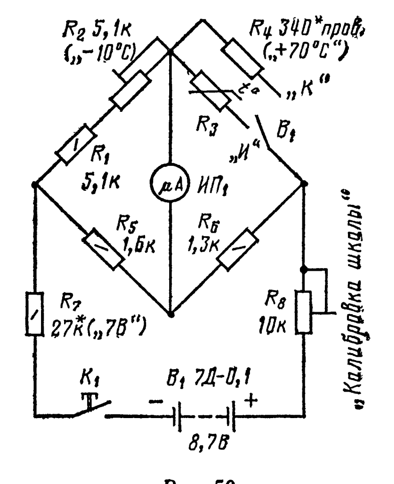
На рис. 59 приведена принципиальная схема, а на рис. 60 показан внешний вид простого электронного термометра для измерения температуры зерна в мешках. Как видно из рис. 59, основой термометра является несбалансированный мост, к одной диагонали которого подводится напряжение питания от аккумуляторной батареи 7Д-0,1 (через кнопку $К_1$ и токоограничительные резисторы R_7 и R_8), а в другую включен измерительный прибор ИП1, в качестве которого используется микроамперметр типа М494 со шкалой 0—50 мкА. Датчиком температуры является терморезистор R_3 типа МТ-54 сопротивлением 1,3 кОм при 20°С. Этот резистор установлен в измерительной игле — на ее конце.

Шкалу прибора калибруют, начиная с самой низкой измеряемой температуры (—10°С). Для калибровки необходим кусок льда с температурой —10°С, который можно получить в холодильнике. К куску льда приставляют конец измерительной иглы и, вращая движок переменного резистора R_2, устанавливают стрелку микроамперметра на нуль. Во время калибровки необходимо контролировать температуру куска льда ртутным термометром.

Для калибровки прибора на наивысшую измеряемую температуру (+70°С) необходимо установить переключатель $В_1$ в положение *К*—контроль и, подстраивая резистор R_4 добиться отклонения стрелки микроамперметра до последнего правого деления, что соответствует температуре 70°С.

Конструктивно прибор выполняется в виде переносной конструкции с измерительной иглой, изготовляемой из латунной трубки с наружным диаметром 4 мм. Проводка внутри иглы выполняется проводом по фторопластовой изоляции типа МГТФЛ-0,2. Резистор R_4 является ответственным элементом устройства. Его наматывают на каркасе из карболита манганиновым проводом ПЭММ-0,1 бифилярно.

При эксплуатации прибора перед началом измерений необходимо проверить правильность калибровки шкалы. Для этого переключатель B_1 переводится в положение *К* — контроль и подстройкой переменного резистора R_8 устанавливают стрелку прибора на цифру +70°С. Затем переключатель B_1 переводится в положение *И* — измерение, и прибор готов к работе. Время, необходимое для получения отсчета — около 1,5 мин. Погрешность измерений — не более 2%. Если же переменным резистором R_8 не удается откалибровать прибор, то это значит, что аккумулятор разрядился до предельно допустимого напряжения 7 В и его нужно заменить свежим.



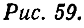


Рис. 59.

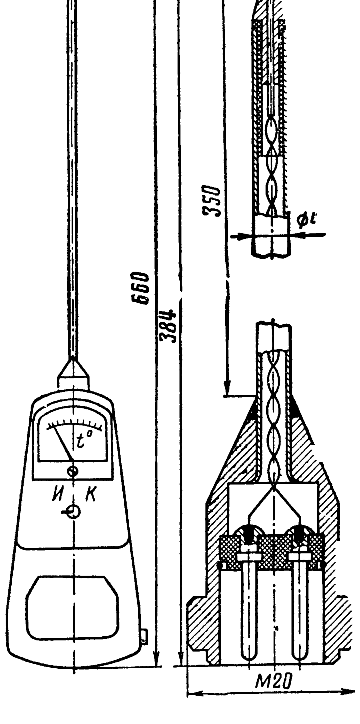


Рис. 60.

Звуковые сигнализаторы температуры. В ряде практических случаев за температурой в помещении нет необходимости следить непрерывно, важно лишь, чтобы температура не повышалась выше определенного предела и не понижалась ниже другого предела. Желательно, чтобы такой сигнализатор не требовал за собой особого ухода.

На рис. 61 приведена принципиальная схема сигнализатора температуры, превышающей заданный предел. Основой является мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2, у которого в цепь коллектора транзистора T_1 включена первичная обмотка трансформатора $Тр_1$ вторичная обмотка этого трансформатора собрана с динамической головкой $Гр_1$, а в коллекторной цепи транзистора T_2 установлен терморезистор R_{13}. Так как сопротивление терморезистора с повышени-

ем температуры уменьшается, то, регулируя переменный резистор R_2, можно подобрать такой режим работы мультивибратора, при котором генерация возможна лишь тогда, когда окружающая температура превысит установленный определенный предел. При возникновении генерации динамическая головка зазвучит.

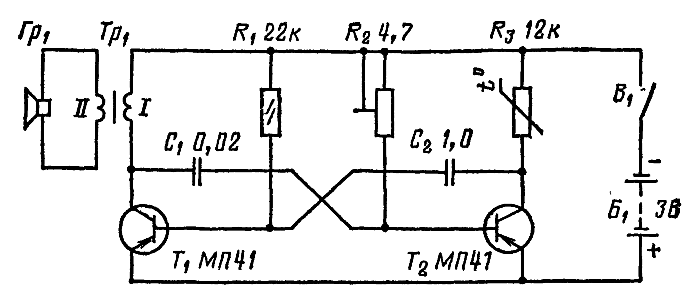


Рис. 61.

На рис. 62 приведена принципиальная схема сигнализатора, реагирующего на уменьшение температуры ниже определенного предела. Отличительной особенностью этого сигнализатора является то, что терморезисторы R_1 и R_2 включены в базовые цепи транзисторов. Это значит, что при выбранных номиналах сопротивлений этих резисторов (10 кОм при 20°С) мультивибратор станет генерировать при понижении температуры, когда сопротивление терморезистора увеличится в несколько раз.

Для изготовления сигнализаторов можно использовать терморезисторы типа ММТ-1 или ММТ-4, КМТ-4. В качестве трансформаторов $Тр_1$ можно использовать выходные трансформаторы от транзисторных приемников «Спидола», ВЭФ-12, «Селга» и т. п. Динамическая головка может быть любой с сопротивлением звуковой катушки 4—8 Ом. Хорошие результаты можно получить с головкой высокой чувствительности типа 3ГД-17. Источником питания могут служить три элемента 373, включенных последовательно, либо одна батарея 3336Л. Сигнализаторы сохраняют работоспособность при изменении напряжения питания от 5 до 0,5 В.

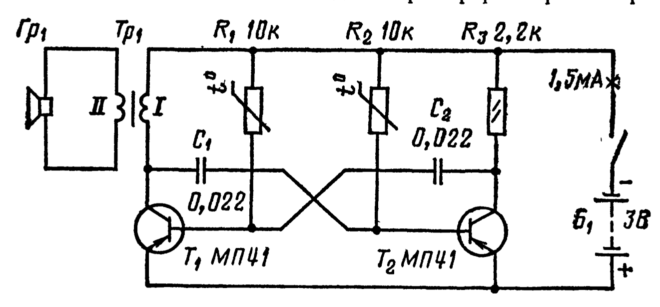


Рис. 62.

Сигнализаторы необходимо располагать на удалении от нагревательных приборов, проветриваемых окон и дверей во избежание ложных срабатываний. Возможно также совместное использование обоих сигнализаторов, так как их элементы подобраны таким образом, что наблюдается различие в издаваемых звуковых колебаниях по тону (частоте). В случае необходимости частота звучания может быть подобрана индивидуально путем изменения номинала конденсатора C_1 в схемах на рис. 61 и 62.

Дистанционный измеритель влажности почвы. В полеводстве и овощеводстве время начала различных работ во многом зависит от температуры и влажности почвы. О том, как можно измерять температуру с помощью терморезисторов, уже говорилось. Сложнее дело обстоит с измерением влажности почвы. Но и здесь применение транзисторных устройств открывает большие возможности для конструкторов.

На рис. 63 приведена принципиальная схема простого измерителя влажности почвы, выполненного всего на двух транзисторах. Основой его является мультивибратор на транзисторах различной структуры, в котором в качестве элементов обратной связи используются конденсатор C_1 и последовательно соединенные постоянный резистор R_1 и датчик влажности, обозначенный как R_x. Принцип действия устройства основан на том, что сопротивление датчика уменьшается с повышением влажности почвы. Поэтому, чем больше влажность, тем выше частота генерации мультивибратора. При выбранных значениях номиналов конденсатора C_1, резистора R_1 и трансформатора Tp_1 частота генерации зависит только от относительной влажности почвы, точнее сказать — от сопротивления датчика влажности R_x. Однажды сняв зависимость частоты генерации от сопротивления R_x в лабораторных условиях, можно в дальнейшем пользоваться прибором для измерения влажности почвы и других сред.

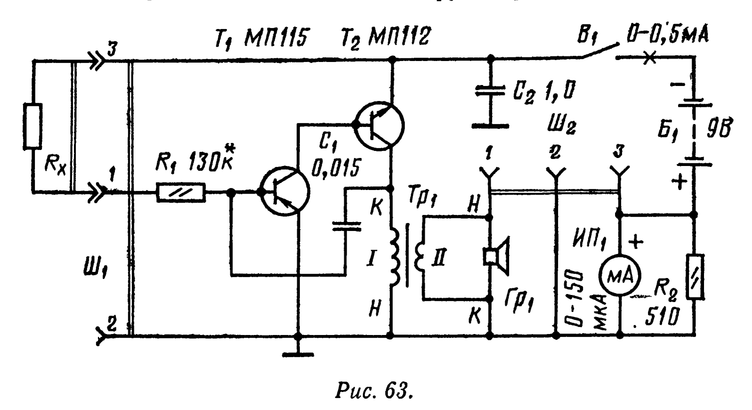


Рис. 63.

Особенностью описываемого прибора является многообразие средств, привлекаемых для измерения влажности и сигнализации о ней. Так, об относительной величине влажности можно судить по частоте звуковых импульсов, слышимых в громкоговорителе. Если почва совершенно сухая, то сопротивление датчика очень велико и

генерация отсутствует, так как начальное смещение на транзистор T_1 равно нулю. По мере увеличения влажности возникают импульсы, сначала редкие — несколько импульсов в секунду, затем они становятся все чаще и чаще. Частота генерации при 100% влажности по существу определяется номиналом резистора R_1. При указанном на рис. 63 значении частота равна примерно 1 кГц.

Изменение частоты генерации влияет на ток, потребляемый устройством от батареи $Б_1$, причем этот ток оказывается прямо пропорциональным частоте генерации и меняется от 0 до 0,5 мА при изменении относительной влажности почвы от 0 до 100%. Столь малый потребляемый ток позволяет использовать в качестве источника питания батарею «Крона-ВЦ» (в переносном приборе) или маломощный выпрямитель на 9 В с параметрическим стабилизатором напряжения.

Таким образом, частоту генерации можно воспринимать на слух или измерять довольно точно по показаниям измерителя тока, включенного в цепь питания. В данном случае использован малогабаритный микроамперметр от магнитофона «Спутник» с полным отклонением стрелки при токе 150 мкА. Кроме того, частоту генерации можно измерять внешними приборами (частотомером и микроамперметром), которые включают в соответствующие гнезда разъема $Ш_2$, выполненного на базе стандартного гнезда СГ-3. Для подключения датчика используется разъем $Ш_1$ такого же типа.

Транзисторы устройства должны быть кремниевыми: T_1 — типа МП114—МП116, T_2 — типа МП111—МП113 или КТ312, КТ315 с любыми буквенными индексами. Трансформатор — от приемника «Селга», выходной. Динамическая головка типа 0,1ГД-12. Конден-

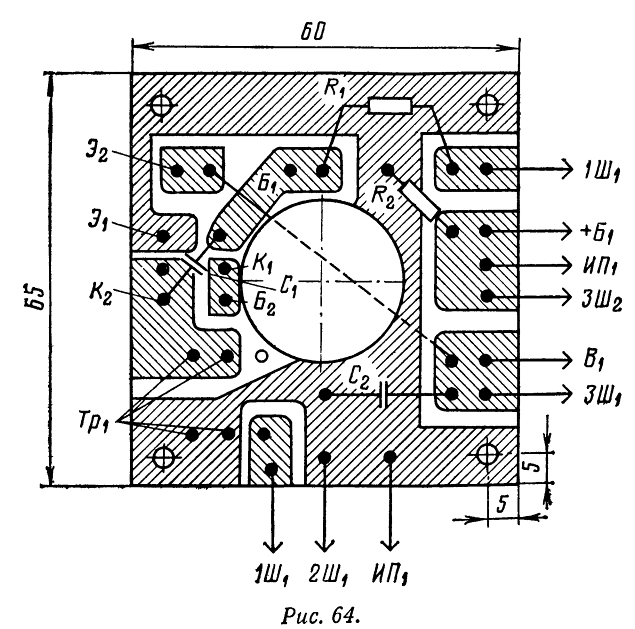


Рис. 64.

сатор C_1 типа МБМ на 160 В, C_2 — МБМ или БМ-2 либо К50-3 или К50-6 емкостью 1—5 мкФ. Постоянные резисторы типа МЛТ-0,25. При указанных деталях все детали устройства могут быть размещены на печатной монтажной плате размерами 60×65 мм, как показано на рис. 64. Внешний вид карманного варианта прибора показан на рис. 65. На лицевой стороне прибора видны отверстия под диффузор динамической головки, шкала микроамперметра и гнездо разъема $Ш_1$ с входным кабелем.

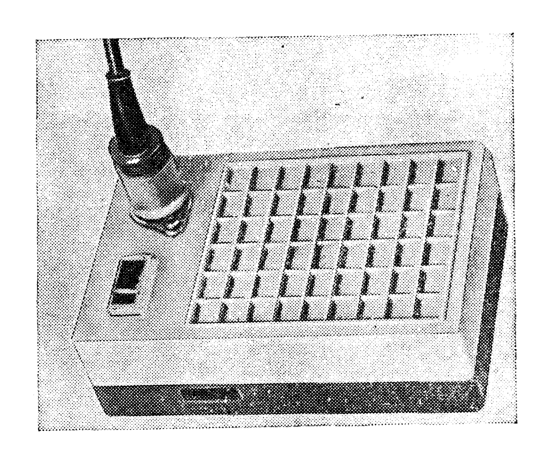


Рис. 65.

Точность измерений зависит от качества выполнения датчика влажности. На рис. 66 приведен эскиз конструкции распространенного типа такого датчика. Он содержит два электрода из графита (можно использовать графитовые стержни от элементов 373 или 3336Л). К металлическим контактам этих стержней припаяны концы двух проводников, к которым подключается вход измерителя. Электроды изолированы друг от друга слоями стеклянной ваты, а для предотвращения проникновения влаги, почвы и защиты от внешних повреждений снаружи обмазаны слоем гипса. При такой конструкции влажность стеклянной ваты за счет пористости гипса и его гигроскопичности будет близка к влажности почвы, в которую будет зарыт этот датчик. Для наблюдения за несколькими различными участками можно пользоваться одним измерителем и

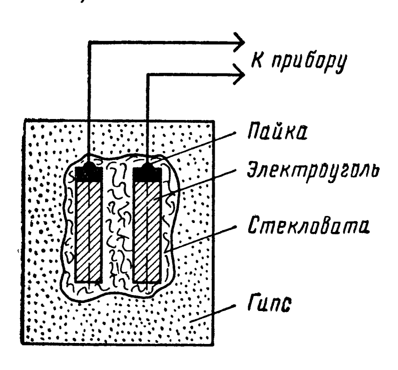


Рис. 66.

большим числом зарытых датчиков. Для подключения к ним прибора нужно иметь на концах проводников, выводимых на поверхность, надежные контакты.

Возможно применение и более простого датчика, например в виде двух плоских пластин размером 10×30 мм, разделенных между собой гетинаксом или текстолитом толщиной 1—3 мм. Такой датчик может служить уровнемером в баке с водой. Как только уровень воды достигнет датчика, возникнет генерация, сопровождаемая звуковым сигналом и изменением показаний приборов.

Транзисторный металлоискатель

При производстве земляных работ, поиске различных кабельных и трубопроводных линий, проложенных в земле, необходимо применение специальных приборов, называемых металлоискателями. Такие приборы реагируют на появление металлических предметов вблизи их чувствительного элемента. На рис. 67 приведена принципиальная схема простого металлоискателя на двух транзисторах.

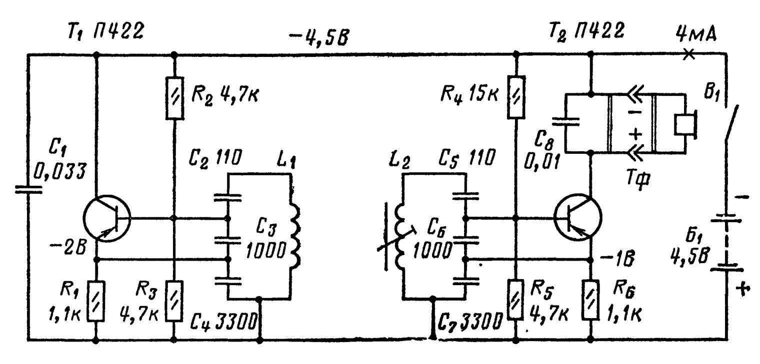


Рис. 67.

Основой прибора является простейший гетеродинный приемник, собранный по схеме с общим гетеродином на транзисторе T_2. Гетеродинная часть приемника содержит колебательный контур, состоящий из катушки L_2 с ферритовым подстроечным сердечником и емкости, составленной из трех последовательно соединенных конденсаторов постоянной емкости — C_5—C_7. Как видно из рис. 67, база транзистора T_2 подключена к точке соединения конденсаторов C_5 и C_6, а эмиттер — к точке соединения конденсаторов C_6 и C_7. Режим работы транзистора T_2 по постоянному току стабилизирован резисторами R_4 и R_5 (в цепи базы) и R_6 (в цепи эмиттера).

Гетеродин на транзисторе T_2 в технической литературе называется автогенератором, собранным по трехточечной схеме с емкостной обратной связью. Достоинством такого автогенератора является то, что в нем применяется только одна катушка индуктивности без дополнительных отводов. Поэтому, если транзистор исправен, его $h_{21Э} = 12$ или более, а конденсаторы соединены между собой и с электродами транзистора правильно, то генерация возникает сразу

же после включения питания, не требуя дополнительных регулировок. Перестройка частоты гетеродина производится перемещением подстроечного сердечника катушки L_2.

Характерной особенностью гетеродинного приемника является то, что разность частот принимаемого сигнала и гетеродина составляет всего несколько сот или тысяч герц. Этим он отличается от супергетеродина, разность частот которого велика и равна обычно 465 кГц, и от приемника прямого преобразования, где разность частот равна нулю или составляет несколько герц.

Гетеродинный приемник на транзисторе T_2 предназначен для приема сигнала генератора на транзисторе T_1, собранного по той же самой трехточечной схеме с емкостной обратной связью, но с некоторыми отличиями. Во-первых, в нем увеличен ток коллектора с 1 до 2 мА, и это требуется для устойчивой работы гетеродина. Во-вторых, и это главное, катушка L_1 выполнена в виде рамки прямоугольной формы с размерами 200×245 мм. Отсутствие сердечника и большие линейные размеры катушки L_1 делают ее очень чувствительной к наличию вблизи различных металлических предметов. Чем больше поверхность металлического предмета и чем ближе он находится к плоскости рамки, тем больше изменяются индуктивность и добротность катушки L_1. Следует отметить, что абсолютные значения изменения индуктивности небольшие. Например, если при отсутствии металлических предметов частота генератора на транзисторе T_1 равна 465 кГц, то при наличии таковых она повышается не более чем на 5 кГц, т. е. примерно на 1%.

Частота гетеродина на транзисторе T_2 устанавливается несколько выше частоты генератора, равной примерно 465,5 кГц. Это значит, что при отсутствии металлических предметов вблизи катушки L_1 разность частот генератора и гетеродина составляет 465,5—465= =0,5 кГц=500 Гц. Колебания с такой частотой могут быть прослушаны с помощью головных телефонов, включенных в цепь коллектора транзистора T_2. Но каким образом напряжение генератора на транзисторе T_1 поступает на вход преобразователя частоты, собранного на транзисторе T_2? Это объясняется тем, что катушка L_2 с сердечником расположена вблизи витков катушки L_1 и подобно магнитной антенне принимает излучаемые катушкой L_1 электрические сигналы. Далее принятые сигналы через конденсатор C_5 поступают на базу транзистора T_2, где происходит преобразование частоты.

При появлении вблизи катушки L_1 металлического предмета частота генератора на транзисторе T_1 увеличивается, а частота гетеродина на транзисторе T_2 остается неизменной. Поэтому разность первой и второй частот уменьшается, что влечет за собой изменение тона в телефонах. В результате можно на слух, по изменению тона обнаружить под слоем снега, земли, торфа или других сыпучих материалов крупные металлические предметы на глубине до 50—60 см, мелкие — до 10—20 см.

Транзисторы T_1 и T_2 могут быть типа П422 или П423, а также старых типов — П401, П402, П403 и т. п. Телефон типа ТОН-1 или ТОН-2 с сопротивлением каждого капсюля 1,6—2,2 кОм. Телефон переделывается таким образом, чтобы его капсюли были соединены между собой не последовательно, а параллельно — плюс к плюсу, минус к минусу, при этом входное сопротивление головного телефона составит 800—1100 Ом. Металлоискатель питается от батареи 3336Л, срок службы которой составит не менее 300 ч, так как прибор потребляет ток около 3,5 мА. Катушка L_1 состоит из 35 витков

провода ПЭЛШО 0,26, намотанных навалом в пазу деревянной рамки со сторонами 200×245 мм, выполненной из брусков сечением 10×26 мм. Бруски соединяются между собой и фанерным основанием прибора размером 200×320 мм на клею, как показано на рис. 68. На той же фанерной плате вне катушки L_1 располагаются катушка L_2, плата с деталями, гнездо для телефона, тумблер включателя питания и батарея питания. Внешнее ограждение месторасположения этих элементов состоит из фанерных стенок высотой 26 мм, соединенных между собой и с основанием на клею. Единственными металлическими соединительными предметами являются два шурупа, соединяющих основание прибора с рукояткой для его переноски, которую делают из дерева твердой породы (дуба или бука) длиной около 1 м сечением 15×25 мм и устанавливают под углом 60° к плоскости основания.

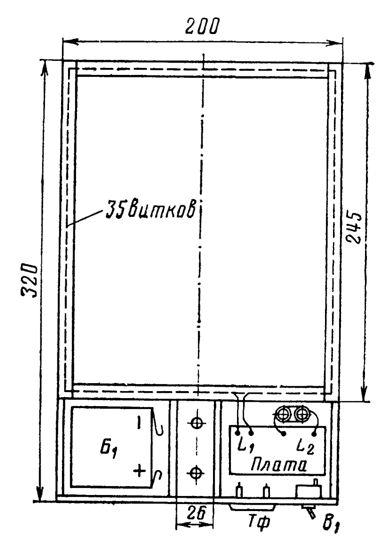


Рис. 68.

Катушка L_2 наматывается на бумажный каркас, внутри которого размещаются два куска ферритового стержня диаметром 7 мм из феррита 600НН или 400НН. Длина одного сердечника 20 мм, другого 35—40 мм. Меньший по длине кусок сердечника закрепляется на клею в цилиндрическом отверстии в основании прибора, а больший используется для подстройки. Намотка L_2 производится проводом ПЭЛШО 0,15 и содержит 58 витков. В металлоискателе применены резисторы типа МЛТ-0,125 или ВС-0,125, конденсаторы КЛС-1 и БМ-2, выключатель питания — однополюсный тумблер ТВ-1.

Размещение деталей на печатной монтажной плате размерами 40×70 мм показано на рис. 69. Соединение монтажной платы с выключателем, батареей питания и гнездами телефона осуществляется гибким проводом в виниловой изоляции типа МГШВ 0,35. Для защиты деталей от воздействия внешней среды рамка и все элементы схемы закрываются сверху фанерной крышкой размерами 200×320 мм, которая фиксируется четырьмя мелкими шурупами, ввинченными в торцы деревянных брусков рамки. Таким образом, размеры рамки с электронным оснащением составляют 40×200×320 мм.

Для налаживания прибора необходимо включить питание, надеть на голову телефоны и медленным перемещением сердечника катушки L_2 через отверстие в верхней крышке добиться появления в телефонах громкого чистого тона низкой частоты, затем поднести к рамке прибора какой-либо металлический предмет, например ведро или кастрюлю. В среднем прибор может чувствовать приближение таких предметов на расстоянии до 40—50 см. В дальнейшем при нескольких попытках удается найти такое значение разностной частоты, при которой достигается наилучшая чувствительность.

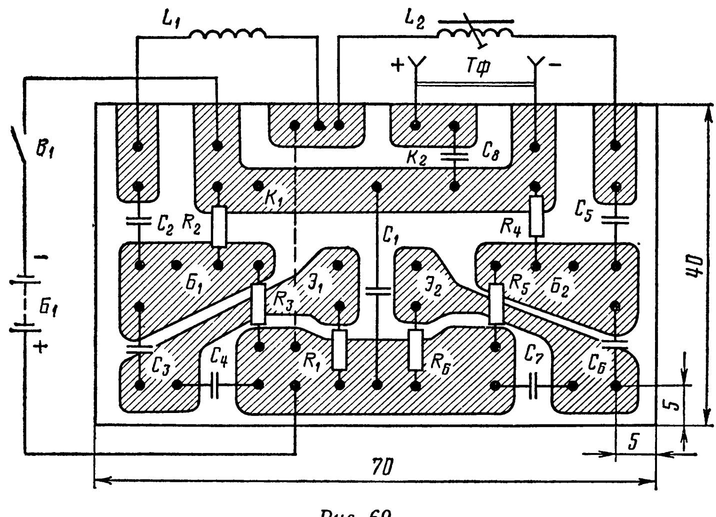


Рис. 69.

Описанный металлоискатель может быть применен для поиска металлических деталей, потерянных в поле, либо металлических предметов, случайно оказавшихся в корме для скота. Можно также определять размещение арматуры в железобетонных конструкциях, скрытую в стенах электропроводку, трубы водоснабжения и отопления. Кроме того, интересным для молодежи является применение металлоискателя в качестве «миноискателя» в ходе проведения военных игр.

Приборы для пчеловодов

Известно, как много труда требуют пчелы от пчеловода, чтобы они были здоровыми, давали много меда и воска, а также пчелиного яда. Да, именно яда, который широко используется в медицине для создания высокоэффективных лекарственных средств. Но как добыть яд, не причинив вреда пчелам? Или возьмем такую проблему пчеловодства, как роение пчел. Ведь если вовремя не заметить начало разделения пчелиной семьи, то можно потерять отроившихся пчел.

Обычно решение таких вопросов по плечу только опытным пчеловодам, хорошо изучившим природу пчел, имеющим богатый профессиональный опыт. Но оказывается, что с помощью транзисторных устройств эти задачи способны решить и более молодые, менее опытные пчеловоды. О том, как это делается пойдет здесь речь.

Устройство для отбора яда у пчел. В естественных условиях пчела выделяет яд в случаях, когда ей грозит опасность или она сильно раздражена. Сначала она выпускает жало, вонзает его в тело «обидчика» и только тогда по жалу вытекает яд. Когда яд иссякнет, пчела лишается жала и погибает. Но процесс отбора яда

может быть безопасен для пчел, если заставить их выпускать и яд в ответ на какое-либо раздражение. Оказывается, что это можно сделать с помощью раздражения импульсами электрического напряжения амплитудой 40—50 В и очень малой длительности — всего 20—30 миллионных долей секунды, сокращенно — мкс. Если в улье установить чистое стекло, а над ним натянуть тонкие близко расположенные друг к другу проволочки, к которым подводится импульсное напряжение, то пчела, севшая на проволочки, в ответ на раздражение «невидимого врага» выпускает жало и выделяет каплю яда, которая падает на стекло. Продолжительность сбора яда с одного улья составляет около 5 мин, после чего пчелам необходимо дать часовой перерыв. В это время стекло с каплями яда поступает на обработку, а вместо него ставится другое, чистое. Так процесс может происходить многократно, не причиняя вреда пчелам.

Как можно получить импульсное напряжение нужной амплитуды и длительности?

На рис. 70 приведена принципиальная схема генератора импульсов заданной формы с помощью блокинг-генератора на транзисторе T_1. Блокинг-генератором называется устройство, создающее короткие импульсы, период повторения которых во много раз больше длительных импульсов. По существу блокинг-генератор представляет собой усилительный каскад с сильной положительной обратной связью, создаваемой вторичной обмоткой трансформатора Tp_1 и кон-

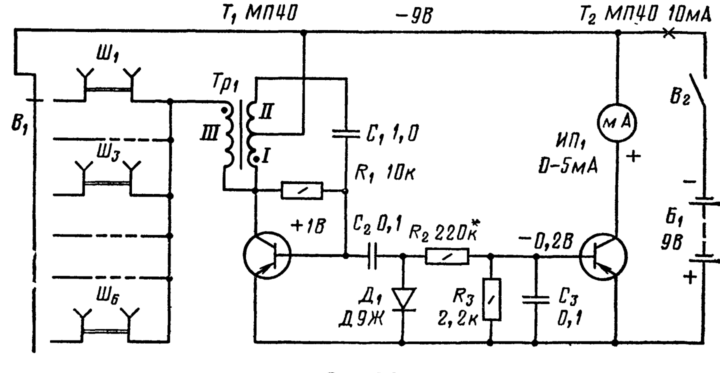


Рис. 70.

денсатором C_1. Начальное смещение на базе транзистора T_1 создается резистором R_1. Необходимое для сбора яда напряжение снимается с третьей обмотки трансформатора. Поскольку для сбора яда в одном улье требуется 5 мин, то одной установкой можно последовательно обслужить несколько ульев. Для этого имеется переключатель B_1 на шесть положений, с помощью которого через разъемы $Ш_1$—$Ш_6$ напряжение коммутируется в различные ульи.

Для контроля за работой блокинг-генератора применен импульсный вольтметр, состоящий из диодного детектора и усилителя постоянного тока на транзисторе T_2. Индикатором служит миллиамперметр со шкалой от нуля до 1—5 мА, включенный в цепь коллек-

тора транзистора T_2. Путем подбора номинала резистора R_2 добиваются того, чтобы при работе генератора совместно с соединительным проводом длиной до 20 м и исправной сетке устройства стрелка прибора находилась в середине шкалы. Тогда при всяких неисправностях в проводке или самом генераторе либо при снижении напряжения питания прибор укажет на это положением стрелки.

Транзисторы устройства — типа МП40, МП41 или МП25, МП20, МП21 с любыми буквенными индексами. Трансформатор Tp_1 — самодельный, выполненный на сердечнике Ш12Х12. Обмотка *I* содержит 60, обмотка *II* — 250, *III* — 1200 витков провода ПЭЛ 0,1. Проводники сетки натянуты достаточно близко друг к другу между двумя изолирующими прокладками и соединены через один так, что получаются своеобразные «гребенки», вставленные друг в друга. К этим гребенкам подключается двухпроводный шнур длиной до 20 м с двухполюсной вилкой на конце. Вилку вставляют в одно из гнезд, выведенных на переднюю панель прибора. На эту же панель следует вывести измерительный прибор, тумблер включения и рукоятку переключателя B_1. Питание устройства можно производить от нестабилизированного выпрямителя на 9 В, или от двух батарей 3336Л, или шести элементов 373, соединенных последовательно. Потребляемый ток — не более 10 мА.

Транзисторный сигнализатор роения пчел. При естественном разделении (роении) семей пчелы стремительно вылетают из улья, кружатся некоторое время над ульем, после чего обычно улетают на другое место, где устраивают новое гнездо. Таким образом дробится семья и теряется часть рабочих пчел.

Обычно из улья перед роением слышно беспорядочное гудение, состоящее из звуков различных частот в пределах от 100 до 600 Гц, а когда разделение (роение) семьи должно вот-вот состояться, то сила и тон пчелиного гудения резко меняются. Гудение становится монотонным и сосредоточенным в полосе частот от 200 до 280 Гц. Поэтому, если применить прибор, сигнализирующий о начале роения по изменению характера гудения пчел в улье, можно значительно упростить процесс наблюдения за жизнью пчелиной семьи и принять меры к отселению новой семьи в новый улей.

На рис. 71 приведена принципиальная схема такого сигнализатора, который представляет собой высокочувствительный микрофонный усилитель с узкой полосой пропускания от 200 до 280 Гц, в качестве оконечной нагрузки которого используется сигнальная лампочка накаливания. Основой усилителя являются три каскада на транзисторах T_1—T_5. Первый каскад на транзисторе T_1 охвачен избирательной обратной связью по напряжению в результате включения в цепь эмиттера последовательного резонансного контура L_1C_4, настроенного на среднюю частоту полосы, равную 240 Гц. Благодаря действию этой связи усиление первого каскада максимально на частоте 240 Гц и быстро падает при расстройке от этой частоты. После первого каскада в устройстве установлен регулятор чувствительности (переменный резистор R_8). Далее следует второй каскад по схеме с общим эмиттером и динамической нагрузкой на транзисторах T_2 и T_3. Главным достоинством этой схемы является очень большое усиление, даваемое каскадом. Третий каскад на транзисторах T_4, T_5 аналогичен второму, но в качестве нагрузки имеет резонансный контур L_2C_{10}, также настроенный на частоту 240 Гц. Далее следуют амплитудный детектор на диоде $Д_1$ и двухкаскадный усилитель по-

стоянного тока на транзисторах T_6 и T_7. Оконечной нагрузкой усилителя постоянного тока является лампа накаливания $Л_1$ на 6,3 В, 0,28 А. Устройство питается от шести элементов 373, включенных последовательно. Датчиком сигнализатора служит динамический микрофон, например, типа МД-47, подключаемый ко входу сигнализатора через переходный конденсатор C_2.

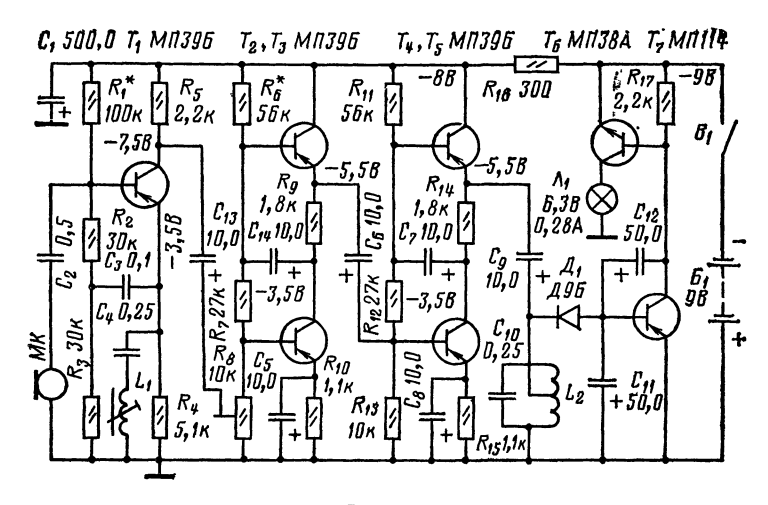


Рис. 71.

Усилительные каскады сигнализаторов выполнены по схемам с надежной стабилизацией режимов работы транзисторов по постоянному току. В случае необходимости эти режимы могут быть скорректированы путем подбора номиналов резисторов, отмеченных в схеме на рис. 71 звездочками.

Катушки L_1 и L_2 содержат по 2000 витков провода ПЭЛШО 0,1. Их сердечники собраны из пермаллоевых пластин Ш8, толщина набора 6 мм, толщина воздушного зазора 0,5 мм. Контуры настраиваются путем подбора емкости конденсаторов C_4 и C_{10}. Катушка L_2 имеет отвод от 800-го витка.

Весь прибор размещен в металлическом корпусе размерами 85×100×230 мм с крышкой. Микрофон выносной, устанавливается у входа в улей, длина соединительного кабеля — до 3 м.

ПРОСТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Существует большое число разнообразных измерительных приборов, предназначенных для налаживания радиоэлектронной аппаратуры, контроля и корректировки ее параметров, снятия многих характеристик. К числу таких приборов относятся вольтметры постоянного и переменного тока, измерители постоянного тока (амперметры и миллиамперметры), омметры, измерительные гене-

раторы сигналов низкой частоты, испытатели транзисторов и т. п. Все эти и другие приборы находят применение в заводских и лабораторных условиях, мастерских по ремонту бытовой радиоаппаратуры, радиоклубах, радиокружках, а также в практике опытных радиолюбителей. Роль измерительных приборов во всех названных случаях очень велика, поскольку без их помощи трудно наладить, проверить или отремонтировать приемник, а тем более телевизор или магнитофон.

Практика показывает, что начинающие радиолюбители, в том числе и сельские, могут обходиться в своей практике небольшим числом измерительных приборов, одни из которых они могут заказать по почте, другие — сделать самостоятельно. Здесь описаны простые измерительные приборы, необходимые при налаживании транзисторных конструкций и ремонте радиоаппаратуры. К их числу относятся универсальный комбинированный измеритель тока, напряжения и сопротивления (промышленного изготовления), а также самодельные испытатели транзисторов малой и средней мощности, генератор сигналов низкой частоты и измеритель частоты низкочастотных колебаний.

Универсальный измерительный прибор типа Ц-20

Универсальный многопредельный измерительный прибор типа Ц-20 предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного напряжения и сопротивления. Этот прибор является наиболее доступным для широкого круга радиолюбителей.

Принципиальная схема прибора типа Ц-20 приведена на рис. 72. Основой прибора является стрелочный измерительный прибор — микроамперметр. Для измерения постоянного тока параллельно микроамперметру подключаются дополнительные шунтирующие резисторы R_7—R_{12}, расширяющие пределы измерений. При измерении постоянных напряжений последовательно с микроамперметром включаются дополнительные резисторы R_{17}—R_{22} (непосредственно), переменного напряжения — резисторы R_{18}—R_{21} (через выпрямитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$) и при измерении сопротивлений — резисторы R_2, R_6—R_{16}, а также источник питания $Б_1$, в качестве которого используются два элемента 332 (ранее называвшиеся ФБС) или (только на шкале ×1000) три последовательно соединенные батареи типа 102АМЦ (внешняя батарея). Стрелку прибора устанавливают на нуль шкалы омметра при помощи переменного резистора R_2, ручка которого выведена на лицевую панель.

Измерения прибором типа Ц-20 можно производить в следующих пределах: постоянного напряжения 0—1,5 В; 0—6 В; 0—30 В; 0—120 В; 0—600 В; переменного напряжения на частотах 50—5000 Гц и 0—7,5 В; 0—30 В; 0—150 В; 0—600 В; постоянного тока 0—0,3 мА; 0—3 мА; 0—30 мА; 0—300 мА; 0—750 мА; сопротивления 0—1 кОм; 0—10 кОм; 0—0,1 МОм; 0—1МОм. Основная погрешность измерений постоянного напряжения и тока не превосходит ±4%, что вполне приемлемо для большинства любительских измерений. Внутреннее сопротивление прибора составляет 10 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В при измерении переменного напряжения.

Вид и предел измерений выбирают с помощью однополюсных вилок, вставляемых в соответствующие гнезда на лицевой панели

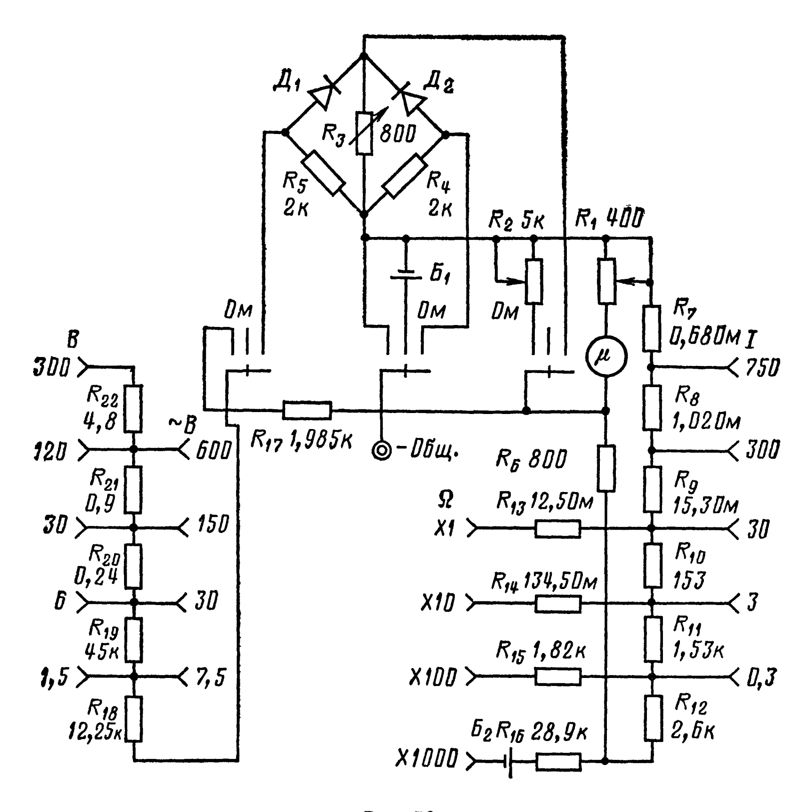


Рис. 72.

прибора. На этой же панели смонтированы все детали прибора и стрелочный измеритель (микроамперметр). Панель помещена в пластмассовый корпус, в котором имеются держатели для источника питания. Внешние размеры прибора 75×208×213 мм. Схемы включения прибора типа Ц-20 при различных измерениях показаны на рис. 73, *а—г* соответственно постоянного напряжения на резисторе и источнике питания, переменного напряжения на нитях накала ламп или на выводах катушки динамической головки громкоговорителя, постоянного тока коллектора транзистора и сопротивления резистора.

Часто на практике универсальные измерительные приборы называются авометрами, с помощью которых можно измерять ток в амперах, напряжение в вольтах и сопротивление в омах. При эксплуатации авометра следует выбирать шкалы, на которых производятся измерения, таким образом, чтобы стрелка находилась в правой половине шкалы. Это условие обеспечит гарантированную точность измерений.

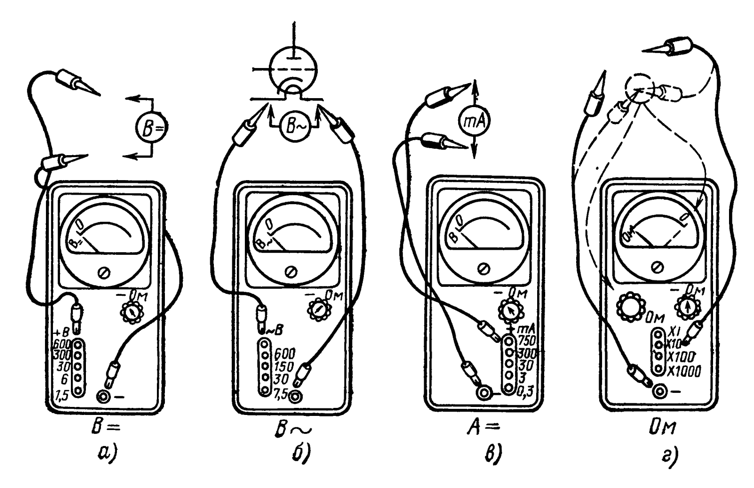


Рис. 73.

Примерно такими же возможностями обладают авометры типа ТЛ-4 и ТЛ-4М. Последний имеет также встроенный измеритель параметров транзисторов на постоянном токе.

Испытатели транзисторов

В любительской практике распространены главным образом испытатели транзисторов со стрелочными индикаторами, с помощью которых измеряют коэффициент передачи тока $h_{21\,э}$ при некотором фиксированном значении постоянного тока базы. Такие приборы выпускаются промышленностью в виде приставок к авометрам, кроме того, они встраиваются в последние образцы авометров (ТЛ-4М). Главным достоинством таких приборов является их простота. Недостатков — несколько. Так, при испытаниях транзисторов малой мощности нельзя ничего сказать о собственных шумах транзистора, что очень важно с точки зрения выбора транзистора для первого каскада усилителя низкой частоты или преобразователя частоты. Кроме того, при испытаниях транзисторов средней и большой мощности необходимо менять в широких пределах ток базы и коллектора, а приборы работают при фиксированном токе базы. Поэтому в дополнение к уже хорошо известным и распространенным конструкциям простых испытателей транзисторов здесь описываются испытатель транзисторов малой мощности и испытатель транзисторов средней мощности.

Испытатель транзисторов малой мощности. На рис. 74 приведена принципиальная схема испытателя транзисторов малой мощности со звуковой индикацией, с помощью которого можно измерить значение $h_{21\,э}$ транзистора на переменном токе и качественно оценить шумовые свойства транзисторов обеих структур. Прибор представляет собой генератор низкой частоты, собранный на испытывае-

мом транзисторе с дополнительным каскадом усиления генерируемых колебаний, необходимым для нормальной работы динамической головки, выполняющей роль индикатора генерации. Испытатель питается от батареи 3336Л.

Особенностью конструкции генератора является то, что он должен работать при включении в него транзистора любой структуры

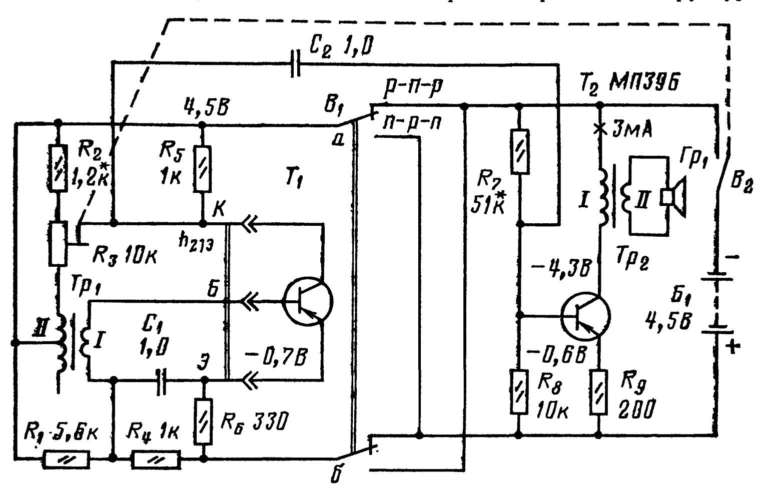


Рис. 74.

(n-p-n и p-n-p). Поэтому в приборе предусмотрен специальный переключатель $В_1$, меняющий полярность питающего напряжения, в качестве которого используется двухполюсный тумблер. Режим работы транзистора стабилизирован по схеме трех резисторов, при этом ток коллектора устанавливается равным 2 мА. В качестве резонансного контура генератора и элементов положительной обратной связи используются низкочастотный трансформатор $Тр_1$ с двумя обмотками и конденсатор C_1. Величина положительной обратной связи регулируется переменным резистором R_3, причем момент начала генерации зависит от значения $h_{21э}$ испытываемого транзистора и положения движка R_3. Таким образом, вставив выводы испытываемого транзистора в гнезда испытателя и вращая ось переменного резистора R_3 можно просто определить значение $h_{21э}$ по показаниям шкалы прибора, откалиброванного ранее по транзисторам с известными параметрами. Крайнее нижнее (по схеме) положение движка соответствует значению $h_{21э}=0$, крайнее верхнее — $h_{21э}=150$. При использовании переменного резистора с линейной шкалой сопротивления среднее положение движка будет соответствовать $h_{21э}=75$.

Поскольку величина $h_{21э}$ определяется по моменту возникновения колебаний, когда они еще очень слабы, для надежного фиксирования звука в испытателе имеется дополнительный усилитель низкой частоты на транзисторе T_2, нагрузкой которого является выходной трансформатор с динамической головкой. Кроме возможно-

сти более точно распознавать момент начала генерации этот каскад позволяет ясно прослушивать через головку $Гр_1$ внутренние шумы испытываемого транзистора при подходе к генерации, когда в результате действия положительной обратной связи усиление каскада на транзисторе резко возрастает, но генерация еще не наступила. Чем меньше шумит транзистор при подходе к генерации, тем лучше его шумовые свойства. Наоборот, если шум начинает заметно усиливаться задолго до подхода к генерации, то это значит, что транзистор обладает очень большим внутренним шумом и его нельзя применять в первых каскадах усиления низкой и высокой частоты. Как правило, такие транзисторы имеют малый срок службы.

В испытателе применяются следующие детали: транзистор T_2 МП39Б или МП41, МП42; трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ — от карманного приемника, соответственно согласующий и выходной, например, типа ТСМ и ТВМ, постоянные резисторы типа МЛТ-0,125 или ВС-0,125, переменный резистор типа ТК-Д. Конденсаторы должны быть бумажными, но только не электролитическими, например, типа МБМ на 160 В. Динамическая головка типа 0,5ГД-21 или 0,5ГД-31.

Все детали испытателя размещаются на гетинаксовой монтажной плате, как показано на рис. 75, *а*. На лицевой панели прибора делается отверстие под диффузор головки, размещаются тумблер переключателя типа структуры и шкала переменного резистора. Выключатель питания совмещен с переменным резистором. Выводы испытываемого транзистора подключены к гнездам *Э*, *Б*, *К* на передней панели.

Налаживание прибора производят с помощью нескольких транзисторов, значение $h_{21Э}$ которых заранее известно. Для этого переключатель $В_1$ ставится в нужное положение, в гнезда *Э*, *Б*, *К* вставляются выводы транзистора и включается питание прибора, при этом шкала переменного резистора должна показывать $h_{21Э}=150$. Далее, плавно поворачивая движок R_3, добиваются появления генерации, сопровождаемой громким звучанием динамической головки с частотой несколько килогерц. На шкале делается отметка с указанием значения $h_{21Э}$ транзистора, и операция повторяется вновь, но уже с другим транзистором, имеющим иное значение $h_{21Э}$. По трем-четырем определенным точкам можно произвеети разметку всей шкалы прибора. Если при этом окажется, что шкала либо сжата, либо расширена, то можно будет скорректировать ее подбором номинала резистора R_2.

Эксплуатация описанного прибора показала, что погрешность измерения $h_{21Э}$ составляет не более 8—10%, причем у германиевых транзисторов она меньше, а у кремниевых больше, в связи с чем желательно иметь две шкалы: одну для германиевых транзисторов, другую для кремниевых, хотя это и не обязательно.

Испытатель транзисторов средней мощности. Транзисторы средней и большой мощности используются главным образом в оконечных каскадах усиления низкой частоты, где коллекторные токи могут быть большими — до нескольких ампер. В таких случаях значение $h_{21Э}$ сильно зависит от этого тока. Поэтому при испытании транзисторов средней и большой мощности стремятся измерить зависимость тока коллектора от тока базы в каждом экземпляре транзистора.

На рис. 76, *а* приведена принципиальная схема, а на рис. 76, *б* — вид лицевой панели простого испытателя транзисторов средней и

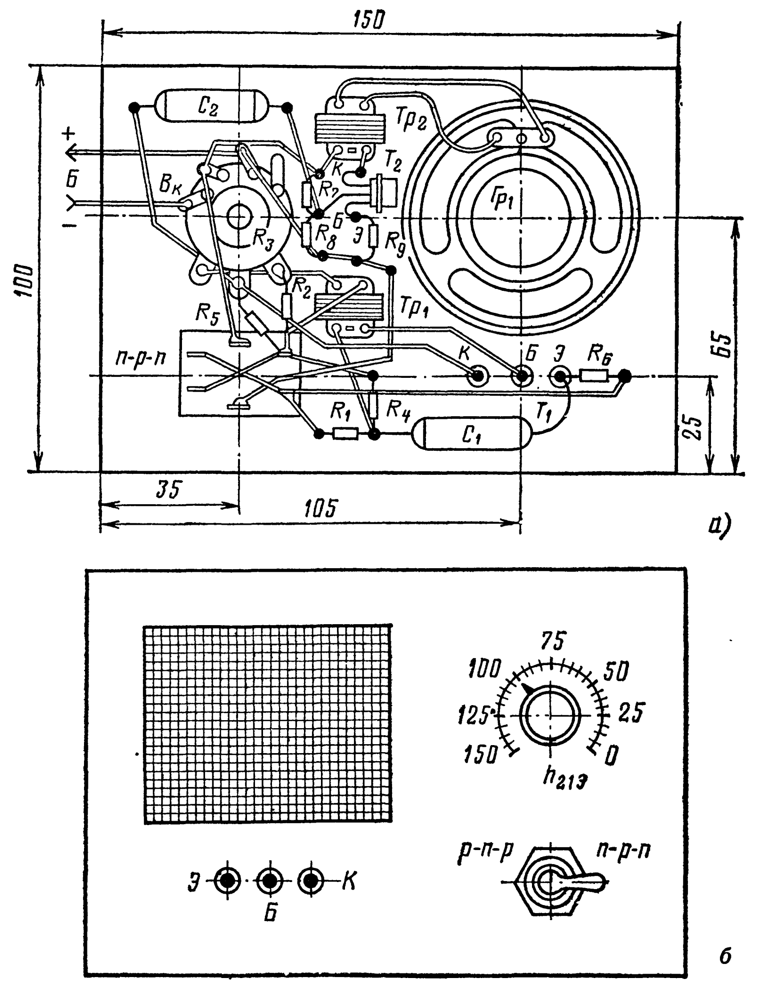


Рис. 75.

большой мощности, который позволяет измерять ток коллектора испытываемого транзистора при нескольких фиксированных значениях тока базы, а именно: 3, 10, 30 и 50 мА. Источником питания служат три элемента 373, соединенных последовательно, или низковольтный стабилизированный выпрямитель на ток до 2 А. Токи, протекающие в цепях базы и коллектора транзистора, измеряются внешними приборами. При наличии только одного авометра ток базы можно не измерять, считая его постоянным.

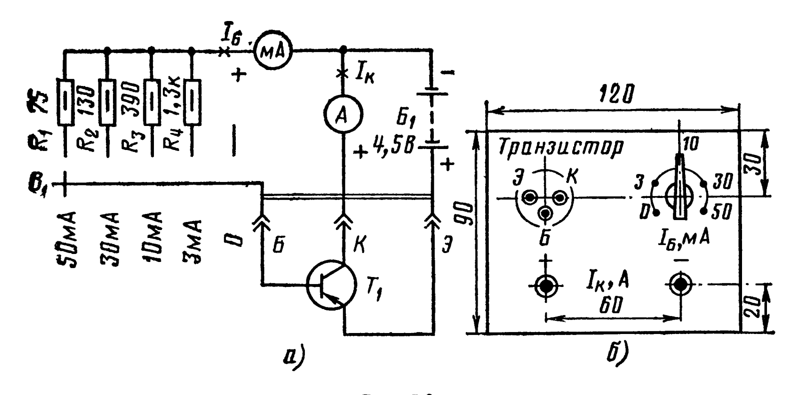


Рис. 76.

Испытания транзистора производятся возможно более быстро, так как при токе более 300 мА транзисторы начинают сильно разогреваться, что вносит дополнительные ошибки. Величина $h_{21Э}$ определяется как отношение тока коллектора к вызвавшему его току базы. Например, при положении переключателя B_1 в точке *10 мА* авометр, включенный в цепь коллектора, показывает ток 500 мА. Значит, при токе коллектора 500 мА $h_{21Э}=500:10=50$.

В любительской практике конструкторов чаще интересует идентичность пар транзисторов, особенно тех, которые ставятся в оконечном каскаде усилителя низкой частоты. Если при этом оценивать транзисторы по близости значений $h_{21Э}$ при каком-то одном значении тока, то можно допустить довольно большое расхождение при других значениях. Для того чтобы исключить такие ошибки, необходимо подбирать пары идентичных транзисторов по их коллекторным характеристикам, снятым при изменении тока коллектора в больших пределах. На рис. 77 представлены характеристики восьми

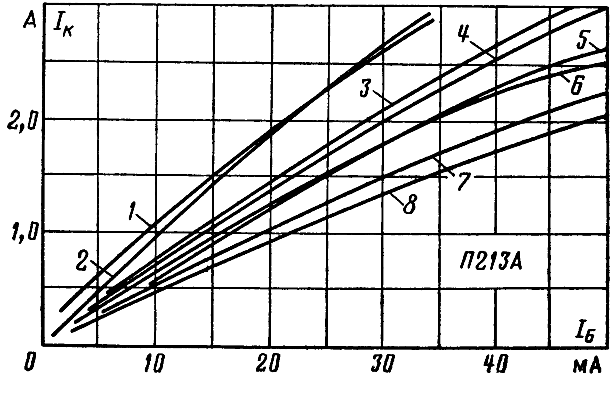


Рис. 77.

транзисторов типа П213А. Как видно на этом рисунке, по своим параметрам наиболее близки друг другу транзисторы с характеристиками *1* и *2*, *3* и *4*, *5* и *6*, *7* и 8. Очевидно, что транзисторы с характеристиками *1* и *8* являются непарными.

Как показали многочисленные испытания, транзисторы, разобранные по идентичным парам таким образом, обеспечивают высокое качество воспроизведения звука в усилителях с выходной мощностью до 20—30 В·А, например в описанных дополнительных усилителях мощности.

Генератор сигналов низкой частоты

Генератор сигналов низкой частоты предназначен для налаживания и проверки работоспособности усилителей низкой частоты и представляет собой *RC*-генератор на фиксированную частоту около 1 кГц. Питание осуществляется от встроенной батареи 3336Л. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 78. Генератор имеет два регулятора выхода: плавный и ступенчатый. Плавная регулировка выхода осуществляется переменным резистором R_6 в пределах от 0 до 300 мВ, ступенчатая — дополнительным делителем выходного напряжения на резисторах R_7 и R_8 с коэффициентом деления 1 : 10. Таким образом на выходе делителя напряжения можно получить низкочастотный сигнал от 0 до 30 мВ. Первая шкала напряжения наиболее приемлема для проверки ламповых усилителей, вторая — транзисторных.

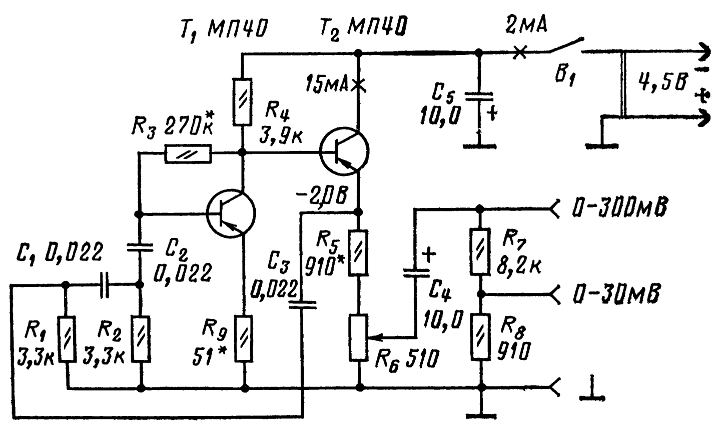


Рис. 78.

В генераторе применены транзисторы типа МП40—МП42, конденсаторы C_1—C_3 типа КЛС-1 и C_5 типа К50-3, резисторы типа МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25, переменный резистор ТК либо СП-2 группы А. Детали прибора смонтированы на монтажной плате размерами 35×50 мм, установленной в пластмассовом корпусе вместе с батареей питания. Монтажная и лицевая панели прибора приведены на рис. 79, *а* и *б* соответственно.

Налаживание генератора сводится к подбору номинала резистора R_3, устанавливающего режим работы транзисторов по постоянному току, и резистора R_9, уменьшающего искажения сигнала. Если генерация отсутствует, то необходимо временно замкнуть накоротко резистор R_9. При использовании транзисторов с малым $h_{21Э}$ генератор хорошо работает и без этого резистора. Возможно, что для расширения шкалы выходного напряжения потребуется подобрать номинал резистора R_5.

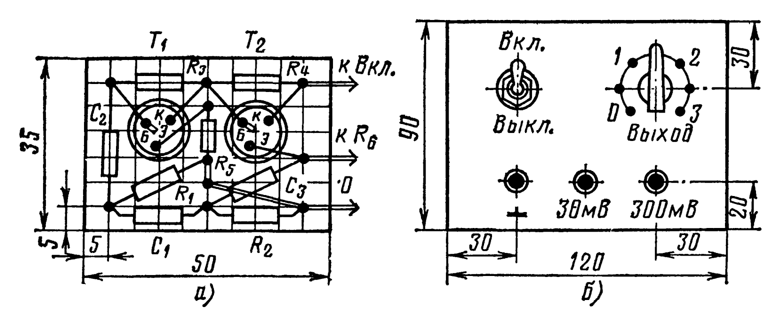


Рис. 79.

Работа с генератором несложна. Включается питание, и один из его выходов соединяется с соответствующим входом испытываемого усилителя. Плавно изменяя выходное напряжение, наблюдают за искажениями усиливаемого сигнала. Когда искажения будут заметны на слух, по шкале прибора определяют чувствительность усилителя. Если она оказывается ниже требуемой, начинают проверку такого усилителя.

Генератор, несмотря на свою простоту, обеспечивает относительно высокое качество сигнала. Для того чтобы убедиться в этом, необходимо проверить работу прибора совместно с высококачественной электроакустической аппаратурой. Если окажется, что качество сигнала невысоко, то следует более точно подобрать номинал резистора R_9, при этом необходимо иметь в виду, что частота сигнала обратно пропорциональна емкости конденсаторов C_1—C_3.

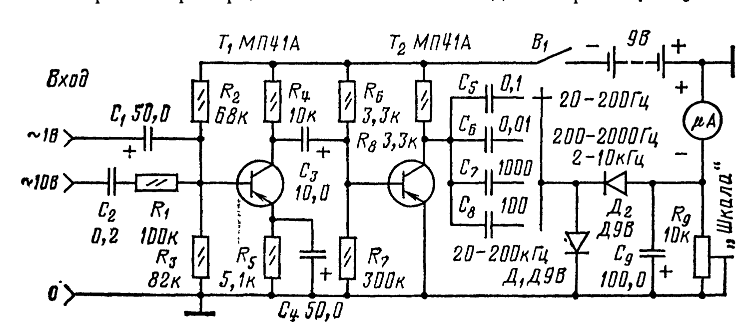


Рис. 80.

Измеритель частоты

Для измерения частоты низкочастотных генераторов используются специальные приборы, называемые частотомерами. Известно несколько типов таких приборов; простых и сложных. На рис. 80 приведена принципиальная схема простого частотомера, работающего в диапазонах частот 20—200, 200—2000 Гц и 2—10 кГц при напряжении сигнала на входе от 0,3 до 10 В. Диапазон измерений выбирают, изменяя емкость конденсатора, соединяющего выход усилителя сигнала на транзисторах T_1 и T_2 с диодным детектором на диодах $Д_1$ и $Д_2$, для чего служит переключатель B_1. При этом постоянный выпрямленный ток детектора оказывается прямо пропорциональным частоте сигнала, поэтому шкала микроамперметра может быть заранее проградуирована в герцах или килогерцах. Проверка шкалы производится при помощи подачи на вход прибора сигнала с известной частотой. Удобно пользоваться понижающим трансформатором на несколько вольт, например 6,3 В. Поскольку частота сети равна 50 ± 1 Гц, то с помощью переменного резистора R_9 можно установить стрелку микроамперметра на шкале 20—200 Гц точно на делении 50. Если шкалу проверять через двухполупериодный выпрямитель, имеющий частоту пульсаций 100 Гц, то калибровку следует осуществлять на отметке 100.

Остальные шкалы калибровки не требуют. Они получаются автоматически, путем умножения показаний прибора соответственно на 10, 100 и 1000.

Для удобства пользования прибор имеет два входа: один, низковольтный, связан с базой транзистора первого каскада через конденсатор C_1, другой, высоковольтный, с базой того же транзистора через конденсатор малой емкости C_2 и дополнительный резистор R_1.

Прибор размещается в корпусе вместе с источником питания, в качестве которого используются батарея «Крона ВЦ» или две батареи 3336Л, соединенные последовательно. Точность измерений будет выше, если питать прибор от стабилизированного выпрямителя.

Описанный измеритель частоты можно с успехом использовать совместно с измерителем влажности, о котором шла речь ранее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белов И. Ф., Дрызго Е. В. Справочник по транзисторным радиоприемникам, радиолам и электрофонам. — М.: Советское радио, 1977.

Васильев В. А. Радиолюбителю о транзисторах. — М.: ДОСААФ, 1973.

Глызин И. Транзисторный сигнализатор роения пчел. — Радио, 1966, № 4, с. 55, 56.

Гранитов Г. И. Физика полупроводников и полупроводниковые приборы. — М.: Советское радио, 1977.

Диоды и тиристоры/Под ред. А. А. Чернышева — М.: Энергия, 1975.

Зайцев Ю. В. Полупроводниковые резисторы. — М.: Энергия, 1969.

Иванов Б. Пчела и яд. — Радио, 1977, № 11, с. 50, 51.

Ильинская Л. А. Элементы противопожарной автоматики. — М.: Энергия, 1969.

Лебедев Е. Электротермометр для измерения температуры зерна. — Радио, 1973, № 3, с. 29.

Медведовский Д. С., Гузевич О. Н. Электрогитары. — Л.: Энергия, 1970.

Медведовский Д. С., Гузевич О. Н. Электрогитара и усилитель.— Л.: Энергия, 1974.

Орлов В. А. Малогабаритные источники тока. — М.: Воениздат, 1970.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ,
МИХАИЛ КОНСТАНТИНОВИЧ ВЕНЕВЦЕВ

ТРАНЗИСТОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Редактор *В. Ф. Костиков*
Редактор издательства *Т. В. Жукова*
Обложка художника *Ф. Г. Миллер*
Технический редактор *Н. П. Собакина*
Корректор *И. А. Володяева*

ИБ № 2056

Сдано в набор 23.01.80. Подписано в печать 19.09.80. Т-17608. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарн. шрифта литературная. Печать высокая. Усл печ. л. 6,30. Уч -изд. л. 8,38. Тираж 80 000 экз. Заказ № 266. Цена 60 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7.

60 к.

